



FONDO PIZZOFALCONE



33-2-30

7276

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio

V



C

Palchetto

33-2-30

Num.° d'ordine

5

19. 2

NAZIONALE

B. Prov.



375

NAPOLI

VITT. EM. III

B. Prov. II 375

COURS
DE
CHIMIE APPLIQUÉE
AUX ARTS MILITAIRES.



532
609h18

COURS

DE

CHIMIE APPLIQUÉE

AUX ARTS MILITAIRES.

CAHIER CLASSIQUE

A L'USAGE

DES ÉLÈVES DE L'ÉCOLE ROYALE DE L'ARTILLERIE
ET DU GÉNIE;

PAR M. CHEUVREUSSE, PROFESSEUR.

METZ,

DE L'IMPRIMERIE DE C. LAMORT.

1823.



AVANT-PROPOS.

LES cahiers classiques composés pour MM. les Elèves de l'Ecole de Metz, doivent être considérés comme des résumés de leçons et non comme des ouvrages complets sur les différens arts traités dans les cours : ces cahiers ne sont donc que des programmes dans lesquels on s'est proposé de remplir deux objets :

1°. Celui d'offrir un mémorial réunissant toutes les idées du cours ;

2°. Celui de présenter un répertoire pour faciliter les recherches sur chacun des sujets qu'on voudrait examiner.

Pour satisfaire à la première condition, j'ai réuni succinctement toutes les matières dans l'ordre suivant lequel elles sont développées dans les leçons orales ; ce qui rendra ce recueil utile aux officiers qui auraient besoin de se rappeler des descriptions ou des théories, soit avant leur exa-

men, soit lorsqu'ils seront employés dans les différens services.

Considéré comme répertoire, ce cahier abrégera les recherches pour la composition des mémoires ou pour l'exécution des procédés de fabrication, puisque j'ai eu soin d'indiquer au bas des pages les sources où l'on peut puiser.

Le cours de chimie embrasse des descriptions et des applications de la science aux arts qui sont relatifs aux besoins des deux armes. Les arts chimiques ne sont pas les seuls qui y soient expliqués; on y a introduit ceux de la fabrication des projectiles, des outils à pionniers et des armes, parce que cette description exigée n'aurait pu trouver place dans les autres parties de l'enseignement de l'Ecole.

En général les différens sujets que j'ai traités sont ceux qui m'ont été demandés par le conseil d'instruction et qu'il a approuvés; je les ai divisés en trois parties.

La première renferme tout ce qui est relatif aux matériaux de construction.

La seconde comprend l'extraction du fer et son travail dans les établissemens des deux armes.

La troisième a rapport aux travaux des fonderies de bouches à feu, des salpêtreries, des raffineries et des poudreries.

D'autres parties m'ont encore été demandées, et comme elles ne présentent rien de commun avec celles qui précèdent, je les ai renvoyées dans un appendice: ces sujets ajoutés au cours de chimie, sont l'anatomie végétale, l'historique du chanvre et l'art du cordier

Le cours de chimie se lie aux autres cours de l'Ecole, sans nécessiter de répétitions; par exemple: les matériaux de construction n'y sont examinés que relativement à leurs propriétés physiques et chimiques, tandis que M. le professeur de constructions parle de leur emploi dans les mains du maçon, etc.

Dans le cours de mécanique on donne l'étude et le calcul des machines, tandis

que le cours de chimie en explique seulement l'emploi.

Je dois annoncer que sous le nom d'*analyse*, j'ai indiqué la composition chimique des diverses substances à examiner, et que sous le nom de *mode analytique*, j'ai donné la manière de procéder à l'isolement des parties constituantes des corps, en ne décrivant que des méthodes générales; parce que ceux pour lesquels ce cahier est rédigé sont suffisamment au courant des détails pratiques.

Telle est la marche que j'ai suivie dans le cours de chimie : pour remplir la tâche qui m'a été tracée, j'ai puisé dans beaucoup d'auteurs et dans presque toutes les collections scientifiques; j'ai visité un grand nombre d'usines, de manufactures et de travaux dirigés par MM. les officiers des deux armes, auxquels je me plais à témoigner ici toute ma reconnaissance pour les renseignemens qu'ils ont bien voulu me fournir.

Malgré tous mes efforts, ce travail ne sera sans doute pas sans reproche ; mais il importe de faire connaître que la chaire de chimie n'est créée que depuis peu d'années, et qu'appelé le premier à l'honneur de remplir les fonctions de professeur, je n'ai pas eu le temps d'approfondir convenablement les nombreuses parties que ce cours spécial comprend.

J'aurai atteint mon but, si, en présentant cet essai, j'ai pu mériter de la part des deux armes une approbation qui sera pour moi une récompense flatteuse.

TABLE

DES CHAPITRES.

PREMIÈRE PARTIE.

Chapitres.	Pages.
I. <i>Pierres employées dans les arts</i> , . . .	1
II. <i>Art du Tuilier-Briquetier</i> , ...	44
III. <i>Art du Chauffournier et du Plâtrier</i> , . . .	60
IV. <i>Art du Maçon</i> , ...	73

DEUXIÈME PARTIE.

I. <i>Art d'extraire le fer</i> , ...	95
II. <i>Art du Fondeur en fer</i> , ...	128
III. <i>Art de l'Affineur et travail du fer</i> <i>dans les grosses forges</i> , ...	175
IV. <i>Art de fabriquer l'acier</i> , ...	232
V. <i>Art du Forgeron</i> , ...	269
VI. <i>Travaux dans les manufactures</i> <i>d'armes</i> , ...	307

CAHIER CLASSIQUE

SUR

LE COURS DE CHIMIE

APPLIQUÉE

AUX ARTS MILITAIRES.

PREMIÈRE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER.



DES PIERRES EMPLOYÉES DANS LES ARTS.

PREMIÈRE LEÇON.

Idées générales de Géologie. — Division des terrains.

— Pierres. — Classification. — Silex pyromaque.

— Caractères. — Gissement et localités. — Extraction.

— Fabrication des pierres à fusil. — Nomenclature et réception des pierres. — Sable. — Gravier. — Usage. — Grès. — Composition. — Usage.

— Schistes. — Caractères. — Ardoises. — Gissement et localités. — Exploitation. — Analyse. — Argiles. — Caractères. — Gissement et localités.

— Argile smectique. — Caractères. — Usage. — Éméril. — Caractères. — Gissement et localités.

— Analyse. — Usage et préparation.

1. LA Géologie est une branche particulière de l'histoire naturelle; elle traite des substances qui marquent le plus par leur abondance, par leur gis-

Géologie.

sément, par leurs relations de position, et par le rôle important qu'elles jouent dans la structure du globe.

La Géologie démêle, dans la composition diversifiée des terrains, les indices d'une formation plus ancienne ou plus récente; elle contemple à la fois les formes des grandes masses, leurs différentes hauteurs, leur structure, leur enchaînement et leur correspondance; et, à la vue de ce vaste ensemble, où il reste encore quelques témoins du travail ancien de la nature, dont la main du temps a laissé ça et là quelque empreinte, la science peut quelquefois remonter de ce qui est, à ce qui a été, par des conjectures toujours précieuses lorsqu'elles sont sagement déduites de l'observation.

Parmi les auteurs de systèmes géologiques, le plus grand nombre suppose que le globe terrestre a été exposé à l'action du feu et à celle de l'eau; et ils tirent, de ces deux grands moyens, l'explication de l'état actuel de la terre.

Nous n'exposerons aucun de ces systèmes; et, lorsque nous ferons usage des expressions de *dissolution* et de *précipitation*, ce sera toujours sans attacher la moindre importance aux idées systématiques ou théoriques auxquelles ces expressions sembleront se rattacher.

Division des Terrains.

2. L'observation nous apprend que telles couches de la terre sont toujours recouvertes par telles autres, et ne les recouvrent jamais; elles sont toutes plus ou moins horizontales, plus ou moins épaisses. Ces couches sont considérées comme autant de dépôts successifs qui se sont faits au fond d'un li-

quide; celles inférieures sont regardées comme plus anciennes que celles qui les recouvrent.

Les matières précipitées, et transportées à différentes époques, offrent des caractères qui servent à distinguer les terrains entre eux.

Pour faciliter l'étude de la science, les géologues ont établi plusieurs divisions; mais, d'après celle qui est adoptée aujourd'hui, tous les terrains sont rangés, selon leur ancienneté, en cinq grandes classes; savoir: en *primitifs*, en *intermédiaires*, en *secondaires*, en *tertiaires* et en *volcaniques*.

L'étude de la Géologie, s'appuyant sur les bases posées par Werner, a augmenté le domaine de cette science; mais la marche tracée par le professeur de Freyberg, n'est pas la seule qui puisse guider dans le vaste champ que la Géologie offre à nos observations.

MM. Cuvier et Brongniart, par les recherches qu'ils ont entreprises dans les environs de Paris, ont prouvé que c'est à la Zoologie qu'on est en droit de rapporter les progrès que la Géologie a faits de nos jours; ce qui a conduit à considérer l'étude des fossiles comme une sorte de numismatique, à l'aide de laquelle il devient facile de connaître les différentes époques de la formation des dépôts successifs qui composent la croûte du globe (1).

(1) Essai sur la Géographie minéralogique des environs de Paris, par MM. G. Cuvier, et A. Brongniart. Paris, 1807.

Recherches sur les ossements fossiles, par M. Cuvier, 2^e édition. Paris, 1822.

Histoire naturelle des crustacées fossiles, par MM. A. Brongniart et A. G. Dénart. Paris, 1822.

D'un autre côté, M. Humboldt a publié des observations précieuses, sur le gissement des roches, qui conduisent à la connaissance importante des lois de la nature ; ce savant estimable a montré, le premier, l'identité de gissement dans les deux hémisphères (1).

Terrains
primitifs.

3. Les terrains primitifs sont ceux que l'on suppose servir de charpente au globe ; ils sont formés de *granit* et recouverts de *gneiss*, de *micaschiste*, de *calcaire*, de *serpentine*, de *porphyre* et de *syenite*. Ces terrains ne renferment aucune empreinte de corps organisés.

Terrains
intermédiaires.

4. Les terrains intermédiaires, aussi appelés de *transition* ou de *passage*, ont beaucoup d'analogie avec les terrains primitifs ; ils en diffèrent en ce que leurs couches alternent avec des roches fragmentaires ou arénacées, et que, dans les dernières roches de l'ordre, on trouve quelques débris de corps organisés.

Les principales roches qu'on y rencontre sont le *calcaire grénu-talqueux*, le *micaschiste*, le *traumate* (2), le *porphyre*, la *syenite*, le *schiste argileux*, etc.

Terrains
secondaires.

5. Les couches secondaires sont formées de *grès*, de *schistes*, de *houille*, de *calcaire*, d'*argile*, de *sel gemme*, de *craie*, etc. Ces couches renferment des

(1) Essai géognostique sur le gissement des roches, etc., par Alex. Humboldt. Paris, 1823.

(2) M. d'Aubuisson a donné le nom de *Traumate* (dérivé de *Θραύμα*, fragment), au grès que les allemands ont appelé *Grauwacke*.

coquilles fossiles d'un ordre particulier, et qui n'existent plus dans les mers actuelles; on les connaît sous les noms d'*Ammonites*, de *Belemnites*, de *Trigonites*, de *Nummulites*, de *Terebratules*, etc.

6. Les terrains de troisième formation recouvrent les trois premiers; leurs couches sont entièrement formées de *chaux carbonatées*, mélangées de *grès*, de *sable*, d'*argile*, de *marne*, etc. Ces matières renferment des coquilles de genres semblables à celles qui existent dans les mers actuelles ou dans les eaux douces.

Terrains
tertiaires.

Quelques minéralogistes désignent ces couches tertiaires sous la dénomination de terrain d'*alluvion* ou de *transport*.

7. On donne le nom de terrains *volcaniques* à ceux qui ont été formés par les déjections des feux souterrains, et qui renferment par conséquent des matières altérées par le feu.

Terrains
volcaniques.

Des Pierres ou Roches.

8. Nous comprendrons, sous le nom de *Pierres* ou de *Roches*, les substances insolubles, et non métalliques, que l'on rencontre abondamment à la surface ou dans l'intérieur du globe.

Plusieurs minéralogistes, en France, ont désigné, sous le nom de *Roches*, les masses formées par la réunion de minéraux de différentes espèces que l'on trouve dans les terrains primitifs.

Les minéralogistes allemands, d'après la doctrine

de Werner, distinguent, sous la même dénomination, toutes les substances minérales, simples ou composées, anciennes ou modernes, quelle que soit leur nature, qui constituent l'écorce du globe.

D'après Werner, les Roches ne sont étudiées que relativement à leur gissement, et classées seulement selon l'ordre d'ancienneté que ce gissement indique. On voit que, par ce mode de classement, on ne peut reconnaître les propriétés particulières des Roches, ni les étudier pour en faire ressortir les rapports intimes.

Parmi les minéralogistes français, M. Brongniart est le seul qui ait donné une classification complète des roches mélangées, fondée sur des principes nouveaux et généralement adoptés aujourd'hui (1). Malgré tout l'intérêt qu'inspire notre célèbre auteur, ainsi que son beau travail, nous sommes forcés de nous en écarter, pour étudier les pierres ou les roches employées seulement dans les arts; ainsi nous établirons une division basée sur les anciens principes comme étant plus en rapport avec l'objet que l'on se propose dans ce cours spécial.

Toutes les substances employées dans les arts, et qui sont du ressort de la Lithologie, seront rangées en cinq classes. La désignation des matières renfermées dans les trois premières sera prise du nom de la substance dominante dans chaque pierre. Les noms des matières comprises dans les deux autres classes seront ceux de leur état combustible ou brûlé.

(1) Traité des Roches de M. Brongniart.

Classification des Roches mélangées par le même. Journal des mines, tom. 34, pag. 1^{re}.

CLASSIFICATION DES PIERRES OU ROCHES.

9. 1^{re}. Classe. Pierres siliceuses.

- 2^e. argileuses.
 3^e. calcaires.
 4^e. brûlées. (Produits des volcans.)
 5^e. Houilles. (Combustibles fossiles.)

1^{re}. CLASSE.*Pierres Siliceuses.*

10. *Synonymie.* *Silex gregarius.* — *Silex vagus.* — *Silex ignarius.* *Silex pyromaque.*

Feuerstein ou Kisslingstein.

Silex pyromaque (1).

Pierre à fusil, nom vulgaire.

Caractères. Cassure conchoïde, lisse ou ternie ; couleur grise cendrée, blonde ou fauve : développe, par collision, de la phosphorescence et une odeur particulière, fait vivement feu au briquet.

Pesanteur spécifique entre 2,58 et 2,63. Infusible au chalumeau sans addition.

Analyse.

	Klaproth.	Vauquelin.
Oxide de silicium	98,00	97
de calcium.....	0,50	0
d'aluminium.....	0,25	1
de fer.....	0,25	0
Perte	1,00	2
	100,00	100

(1) De πυρ feu et μάχη combat.

Gissement et localités. On rencontre le silex pyromaque, sous forme sphérique, dans les terrains secondaires, principalement dans la craie; on en trouve aussi dans les marnes qui appartiennent aux formations d'eau douce, et qui recouvrent le calcaire, comme on le remarque dans les environs de Paris.

Les géologues ont établi beaucoup de conjectures sur la formation de ce quartz. Aujourd'hui on pense que ces cailloux n'ont pu être roulés ni transportés, mais qu'ils se sont formés par infiltration, et qu'ils occupent des cavités abandonnées par des mollusques ou par des zoophytes.

La France est de tous les pays qui, renferment de la craie et des couches calcaires secondaires, celui qui offre du silex pyromaque en plus grande abondance. Autrefois la France fournissait des pierres à fusil à différentes nations; mais aujourd'hui on a trouvé des pierres propres à la taille dans beaucoup de contrées de l'Europe: en Suède, dans la province de Scanie ou Schonen; en Danemarck, dans l'île de Zélande; en Pologne, dans la Podolie et la Pocutie; dans le Tyrol italien, sur les rives du Tésin; enfin, en Angleterre.

En France, les principaux lieux d'extraction sont situés dans les départemens de *Loir et Cher*, *Indre*, *Ardèche*, *Yonne*, *Seine et Oise*.

Les cailloux auxquels on donne la préférence, sont ceux que l'on exploite dans les environs de St.-Aignan (*Loir et Cher*) (1); ils se travaillent

(1) Carte de Cassini, n°. 30.

avec facilité et fournissent les meilleures pierres à feu.

Extraction. Les bons cailloux ne se trouvent jamais à la surface du sol, il faut les chercher à 15^m. de profondeur, où ils sont disposés par couches horizontales de 1^m. d'épaisseur; pour les extraire, on creuse une suite de puits en gradins, de 2^m. de profondeur; arrivés sur le sol, ils sont encore pénétrés de leur *eau de carrière*, et dans l'état convenable pour être taillés facilement, après quelques jours d'exposition à l'air.

Fabrication. On peut diviser la taille des cailloux en quatre opérations :

- 1°. Rompre le caillou avec une masse,
- 2°. Ecailler le caillou avec un marteau à deux pointes ;
- 3°. Former la pierre avec un ciseau et une roulette ;
- 4°. Raffiler la pierre en employant les deux derniers instrumens (1).

Nomenclature. On distingue cinq parties dans une pierre à fusil :

- 1°. La *mèche* ou le biseau tranchant ;

(1) Mémoire de Dolomieu sur la taille des pierres à fusil. Journal des mines, tom. 6, pag. 693, pl. 23.

Encyclopédie (chimie), tom. 5, 2^e. partie, pag. 331.

Traité élémentaire de Minéralogie de Brongniart, tom. 1, pag. 313, planche 5^r.

Minéralogie appliquée de M. Brard, tom. 3^{me}. pag. 135.

- 2°. Les *flancs* ou bords latéraux ;
- 3°. Le *talon* opposé à la mèche ;
- 4°. L'*assis*, facette supérieure ;
- 5°. Le *dessous*, uni et légèrement concave.

Réception. La réception des pierres à feu dépend de l'administration de l'artillerie ; cette partie semble n'avoir été bien soignée que depuis 1816.

Les tables indiquaient néanmoins les dimensions que les pierres devaient avoir pour chaque espèce d'armes à feu ; mais l'impossibilité d'obtenir, de l'adresse du caillouteur, des pierres aux dimensions prescrites, rendait ces tables inutiles ; en sorte que, dans les fournitures, il se trouvait une quantité considérable de pierres, ou trop fortes ou trop petites, d'où il résultait qu'un fusil, lors même qu'il était neuf, devenait d'un mauvais service, par le défaut de dimensions de sa pierre.

Ces considérations ont fait décider que les pierres présentées à la réception seraient examinées en totalité, ou par partie, en faisant usage d'un instrument vérificateur ou calibre, pour chaque espèce de pierres, que l'instrument porterait de petites et de grandes échancrures pour chaque dimension de la pierre, ce qui offre aujourd'hui une latitude favorable aux caillouteurs, sans nuire à l'arme pour laquelle les pierres sont destinées.

Indépendamment de ces conditions, on exige encore les suivantes :

Les pierres ne doivent porter ni tache ni nœud

sur la mèche ; leur assis et le dessous doivent former deux plans parallèles ou à peu près (1).

12. Le sable est une substance qui provient de la décomposition des roches granitiques : il existe sous la forme de petits cristaux réguliers ou sous celle de fragmens arrondis.

Sable.

Haüy donne au sable le nom de *quartz hyalin arénacé*, et il en forme deux variétés :

1°. *Quartz hyalin arénacé mobile*. Sable fin à grains arrondis. — Susceptible d'obéir au gré des vents. — *Sable mouvant* (nom vulgaire) ;

2°. *Quartz hyalin arénacé anguleux*. Sable grossier à grains irréguliers. — Anguleux ou peu arrondis. — *Gros sable* (nom vulgaire).

13. Le gravier est formé de cailloux roulés , opa-

Sable gravier.

Usage. Les sables sont employés dans la composition des mortiers et pour le moulage dans les ateliers des fondeurs. Le gravier sert à construire les routes ou les chemins ; employé seul, il forme le fond des chaussées, qu'on nomme ferrées. Le plus gros sert de base à l'encaissement, et le plus petit termine le travail. Le sablon est peu employé dans les constructions.

14. *Synonymie*. *Saxa aggregata*. Wall.

Grès.

Sandstein ou *Sandsteingebirge* des allemands.

(1) *Aide-mémoire*, 5^e. édition, pag. 604 et suivantes.

Mémoire sur la fabrication des armes à feu portatives, p. 21.
Dictionnaire de l'artillerie, au mot *pierres à feu*, pag. 329.

Définition. Les grès sont des pierres à structure fragmentaire, et formés de la destruction des roches primitives ou secondaires; leurs molécules, plus ou moins apparentes, habituellement siliceuses, sont réunies par un ciment, ou gluten, de nature terreuse.

Division. Les minéralogistes rangent les grès en trois divisions.

1°. En *grès* proprement dits; ce sont ceux dont la grosseur des grains, ou des fragmens, n'excede pas celle d'une noisette.

2°. En *poudingues*, lorsque les fragmens ont perdu leurs angles, sont plus ou moins arrondis, et n'excèdent jamais la grosseur indiquée.

3°. En *brèches*, dans lesquelles les fragmens n'ont point été usés, et par conséquent sont anguleux.

Les grès, compris dans la première division, offrent un grand nombre de variétés, par leur couleur, leur composition, etc.

Nous les réduirons en trois classes : en *siliceux*, en *argileux* et en *calcaires*, selon la nature de la pâte ou ciment, qui sert à agglutiner leurs molécules.

Grès siliceux. Dans les grès siliceux, le gluten est ordinairement un silex corné qui prend quelquefois l'aspect vitreux, et forme une roche quartzueuse souvent grenue. On rencontre cette espèce

dans les terrains calcaires de dernière formation ; elle est assez rare.

Grès argileux. Les grès à ciment argileux varient singulièrement par leur couleur : il y en a de blancs , de rouges , de gris plus ou moins foncé , etc. ; leur dureté ne varie pas moins.

Les grès qui appartiennent à cette espèce sont feu sous le choc du briquet , selon leur compacité , et ne donnent pas d'effervescence avec les acides concentrés.

Grès calcaires. Les grès , dont les fragmens sont agglutinés par la chaux carbonatée , sont , en général , plus compactes que les précédens : ils fournissent des étincelles par l'action du briquet , et ils font effervescence avec les acides concentrés.

Usage. La nature des grès argileux les rend propres à résister à de hautes températures : ils remplacent très-bien les briques réfractaires ; aussi ces sortes de grès sont-ils recherchés pour former les creusets des hauts-fourneaux , ainsi que les autres constructions pyriques destinées aux travaux métallurgiques.

Il existe en France des carrières abondantes de grès argileux , dont les principales sont celles de St.-Crépin (Dordogne) , de Lys-St.-George , de Mcobec , de Ciron et de Nuret (Indre) , d'Avranche (Manche) , de Hettange-la-Grandc et de Helling (Moselle).

Les grès de la seconde espèce sont choisis pour faire les meules employées , dans les arsenaux , à aiguiser les outils , et , dans les manufactures d'ar-

mes, à blanchir les différentes pièces des fusils, ainsi que les lames de sabres et les bayonnettes.

Les carrières, d'où on extrait les grès pour ces derniers usages, sont moins nombreuses que les précédentes; celles qui sont plus en réputation sont situées dans les départemens de la Haute-Marne et des Vosges.

Les grès assez poreux pour se laisser traverser par l'eau, sont destinés à la construction des filtres; et c'est pour cette raison que cette variété de grès a été nommée *pierre filtrante*. La meilleure pierre filtrante que l'on connaisse est celle de Libochowitz (Bohême).

Si les grès argileux sont tendres ou presque mous, ils portent le nom de *molasse*, et sont employés dans les ateliers des fondeurs (1); ce sont ces mêmes grès, à grains plus ou moins fins, qui, étant pulvérisés, servent à user ou à nettoyer les métaux.

Les grès calcaires sont moins répandus que les argileux; ils se taillent aisément, on les divise en cubes comme celui des carrières de Fontainebleau, pour en paver les grandes routes et les rues.

Les grès siliceux compactes peuvent servir au même usage, celui de Hettange-la-Grande nous en fournit un exemple.

Dans la bâtisse, les grès conviennent mieux comme pierre de taille que comme moellon. Les poudingues et les brèches ne sont employés que pour la décoration.

(1) Annales des arts et manufactures, tom. 22, p. 225.

15. Tous les schistes sont à texture feuilletée; ils se divisent en feuillets parallèles entre eux et au plan des couches principales; leur aspect est mat ou luisant; leurs couleurs sont très-variées; ils sont assez tendres pour se laisser rayer par le cuivre; traités au chalumeau, ils sont plus ou moins fusibles. Schistes.

Il existe plusieurs variétés de schistes, nous ne parlerons que de celui nommé ardoise.

16. *Synonymie.* Schistumensalis, tegularis, durus. Wall. Ardoises.

Thonschiefer des allemands.

Argile schisteuse téguiaire. Haüy.

Phyllade de MM. d'Aubuisson et Brochant.

Schiste et *ardoise*, noms vulgaires.

Caractères. Les ardoises sont des pierres fissiles, dont la couleur varie; mais la principale est le gris: ces roches se séparent en grands feuillets minces, droits et sonores: elles ne font pas effervescence avec les acides.

Analyse de l'ardoise d'Anglèsay. — Kirwan.

Oxide de Silicium.....	58
d'Aluminium	26
de Magnésium	8
de Calcium.....	4
de Fer.....	14
Perte.....	10
	100

On distingue les ardoises, selon leur origine, en deux classes: en *primitives* et en *intermédiaires* ou de *transition*.

Gissement et localités. Les ardoises primitives sont disposées en feuillets parallèles au plan général du banc dont elles font partie ; le contraire se présente dans les ardoises intermédiaires : les feuillets sont toujours situés obliquement et presque perpendiculaires à la grande couche où ils se trouvent (Patrin).

Les ardoises de transition sont toujours faciles à distinguer, parce qu'elles renferment des empreintes de corps organisés, principalement celles d'animaux marins qui n'ont plus d'analogues vivans.

Les principales ardoisières de France sont celles d'*Angers* (Maine et Loire), de *Rimogne* et de *Rocroy* (Ardennes), de *St.-Lo* et de *Laferrière* (Eure), des environs de *Cherbourg* (Manche).

Exploitation. Pour exploiter les ardoises on coupe dans le banc des blocs de 100 kil., auxquels on donne la forme de parallélipipèdes qui prennent le nom de *faix*.

Les faix sont divisés en tables épaisses qu'on nomme *repartons* ou *spartons* ; on débite ensuite les repartons, et les feuilles qui en résultent forment les ardoises destinées à couvrir les maisons. .

11^e. CLASSE.

Pierres argileuses.

Des Argiles.

17. L'argile, comme l'observe Haüy, ne peut être considérée comme une espèce minéralogique : l'oxide d'aluminium qu'elle renferme s'y trouve

quelquefois en si petites proportions, que la plupart des substances minérales, nommées argiles, ne pourraient être placées parmi les pierres argileuses.

Caractères. Les argiles sont douces au toucher et comme onctueuses, propriété qui est d'autant plus marquée, que l'argile contient plus d'oxide d'aluminium.

Les argiles forment, avec l'eau, une pâte molle, ductile et susceptible de prendre et de conserver toutes les formes qu'on veut lui donner. Cette pâte acquiert, par le feu, une dureté telle qu'elle peut produire des étincelles par le choc du briquet.

L'argile a de l'affinité pour l'eau, ce qui fait qu'un morceau d'argile, placé sur la langue, y adhère, propriété qu'on appelle *happer à la langue*.

Exposée à l'action d'un feu violent, l'argile diminue de volume : c'est ce retrait de l'argile qui a fourni au savant *Wedgewood*, un moyen, aussi simple qu'ingénieux, d'estimer les hautes températures.

Gissement et localités. Les argiles sont très-répandues dans la nature ; cependant les terrains primitifs n'en sont point abondamment pourvus : on n'y rencontre que le kaolin et l'argile lithomarge. Celle-ci est en rognons, elle accompagne les mines d'étain et d'autres métaux.

Les argiles sont plus abondantes dans les terrains secondaires ; elles sont rarement à la surface du sol : on les rencontre à une profondeur de 50 à 80^m., disposées en bancs d'une grande étendue, et recouvertes de sable et de chaux carbonatée.

C'est donc dans les terrains calcaires et de seconde

formation qu'il faut chercher les argiles, c'est là que les arts peuvent se procurer celles qu'ils emploient en si grande quantité.

Argile
de France.

18. La difficulté de classer, avec précision, l'argile et ses variétés est la même que celle qu'on éprouverait si on voulait classer les pierres de taille et les moellons employés dans la bâtisse. Nous serons donc réduits à donner, aux uns et aux autres, les noms des lieux où on les trouve; et, quoique cette méthode ne soit point scientifique, elle offrira cependant quelque intérêt.

EURE-ET-LOIR. *Argile de Châteaudun*, blanche et pure; elle entre dans la composition d'une porcelaine qu'on fait à Orléans.

MARNE. *Argile de Vilantraut*, grise, de bonne qualité.—Employée à faire des creusets de verreries.

NORD. *Argile de Maubeuge*, grise blanchâtre, possède beaucoup de liant.—C'est avec cette argile qu'on fabrique, dans la Flandre, un beau grès fin qui a pour couverte un vernis sain, orné de peintures bleues.

OISE. *Argile de Savigny*, grise, contenant du sable.—Les couches de cette argile sont très-épaisses, on en forme des grès sans couverte.

SEINE-INFÉRIEURE. *Argile de Gournay*, grise brune, contient peu de sable, résiste au feu le plus violent.—Employée à faire les pots des verriers, des briques réfractaires, etc.

Argile de Forges-lès-Eaux, grise bleuâtre, happant fortement à la langue, composée, d'après Vauquelin : oxide d'aluminium 0,16, de silicium 0,63, de calcium 0,01, de fer 0,08, et d'eau 0,10.

Cette argile sert aux mêmes usages que la précédente.

SEINE-ET-MARNE. *Argile de Moret et de Montereau*, grise blanchâtre, à l'état sec; humectée, elle est brune. — Elle est employée, dans les environs de Paris, à faire les fayences appelées terres blanches, terres anglaises.

19. *Synonymie.* *Argila smectis*, Wall.

Argile savonneuse. Bornet.

Terres à foulon. Brochant.

Argile smectique. Haüy (1).

Argile
smectique.

Caractères. Légèrement onctueuse au toucher. — N'adhère pas à la langue. — Se polit par le frottement. — Se pulvérise aisément. — Ne fait pas corps avec l'eau comme l'argile pure. — Sa couleur varie : il y en a de verdâtre, de gris, de jaune et de brune.

Composée ordinairement comme celle du Hampshire (Angleterre), d'oxide de silicium 0,51, d'aluminium 0,25, de carbonates, de magnésium et de calcium 0,24.

Gissement et localités. On rencontre l'argile smectique dans les terrains de formation moderne, rarement à une grande profondeur, ce qui permet de l'exploiter à ciel ouvert.

Il existe en France beaucoup d'endroits d'où on extrait cette argile; les principaux sont ceux de Boussange (Moselle); de Falain, près de Rhodéz (Aveyron); d'Issoudun (Indre), de Rittenau (Alsace); de Villeneuve, près de Vienne (Isère).

(1) De *σμεχαι*, nettoyer.

Usage. L'argile smectique sert à dégraisser les draps et autres étoffes de laine, et à leur donner le lustre et le moelleux qui en font une des principales beautés.

L'opération s'exécute à l'aide d'une machine qu'on nomme foulon. C'est par les mêmes moyens que l'on blanchit économiquement les draps de lit et le linge dans les magasins et les hôpitaux militaires.

- Emeril.** 20. *Synonymie.* *Ferrom ochraceum imiris.* Brochant, tom. 2, pag. 293.
Emeril gris de Lisle, t. 3, p. 184.
Hématite silicée, compacte, cendrée, à cassure grenue. Berner, t. 2, p. 286.
Mine de fer pierreuse, très-dure. Bergmann, tom. 2, pag. 165.
Fer mêlé avec le quartz. Daubenton, table method., pag. 49.
Fer oxidé quartzifère. Haüy, tom. 4, pag. 112.
Corindon granulaire. M. Lucas, tom. 2, pag. 130.

Caractères. Couleur d'un gris bleuâtre ou d'un gris d'acier; mais pulvérisé, il est d'un brun rougeâtre. — Scintillant. — Cassure à grains fins et serrés. — Pesanteur spécifique 4,0. — Conducteur de l'électricité. — Agissant sur le barreau aimanté. — Ponssière susceptible de rayer tous les corps, excepté le diamant.

La nature de l'émeril et son extrême dureté prouvent que c'est un *corindon*.

Analyse des Emerils.

	de la Chine, Klaproth.	de Jersey, Vauquelin.	de Naxos, Tennant.
Oxide d'aluminium	84,0	0,70	0,80
de fer	7,5	0,30	0,04
de silicium	6,5	« «	0,03
Résidu insoluble et perte.	2,0	« «	0,13
	100,0	1,00	1,00.

Gissement et localités. On rencontre très-rarement l'émeril en masse, quoiqu'il appartienne aux terrains primitifs; il est ordinairement disséminé avec d'autres minéraux. On le trouve à Ochsenkopt en Saxe, dans le duché de Parme; à Ronda, en Espagne; près de Niris, en Perse; dans les îles de Naxos, de Jersey et de Guernesey.

On prétend qu'il n'existe plus d'émeril dans ces îles (Bournon) (1).

Usage. La grande dureté de l'émeril le rend propre à user, scier et polir divers corps tels que les glaces, les verres d'optique, les pierres fines (le diamant excepté) et les métaux.

Les manufactures d'armes en font une grande consommation. On appelle *potée, ou boue d'Emeril*, la matière qui se trouve au fond de l'auge des lapidaires qui emploient l'émeril, parce qu'elle contient beaucoup de cette substance.

(1) Examen de l'émeril par *Viegleb, Kirwan, et Tennant.* Journal des Mines, tom. 12.

Mode analytique de l'émeril, spath adamantin des anglais: mémoires de *Klaproth*, tom. 1^{re}, pag. 62.

On fait sécher cette boue pour servir au poliment des pierres tendres, telles que l'albâtre, les marbres, etc. (1).

Toutes les fois que l'émeril est destiné à polir les pierres, on l'emploie avec l'eau; mais, pour le travail des métaux, on le mêle à l'huile.

Préparation. Pour rendre l'émeril propre à être employé dans les arts, on le concasse, puis on le broye dans des moulins d'acier; les grains de la poudre obtenue sont durs, rudes au toucher et comme acérés; cette poudre se compose de grains inégaux; mais, comme il est nécessaire d'avoir, pour divers usages, des degrés différens de ténuité, on les obtient en traitant, par l'eau, la poudre sortant des moulins; et on a, par plusieurs lavages et décantations, les degrés de finesse que l'on désire.

On distingue, dans le commerce et dans les arts, les émerils préparés, par le temps écoulé durant la précipitation: ainsi il y a des émerils depuis 15 minutes jusqu'à 3 secondes.

Les émerils du commerce ne sont pas toujours purs, parce qu'on y opère de frauduleux mélanges avec du sable ou du quartz pulvérisé: aussi beaucoup d'artistes préparent-ils eux-mêmes l'émeril dont ils ont besoin: ils se procurent, dans le commerce, des pierres d'émeril; ils les concassent et les broyent, en se servant de l'aire trempée d'une enclume, comme d'un porphyre; et, pour molette,

(1) Minéralogie de Baunarc, tom. 2, pag. 152.

ils font usage de la tête d'un marteau à surface d'acier, également trempée. Après la porphyrisation, ils procèdent au lavage et à la décantation.

L'émeril qui nous vient de la Perse est assez dur ; mais il perd cette propriété à mesure que sa division augmente ; celui des Indes, au contraire, plus il est divisé, plus il attaque, et c'est pour cela qu'il est le plus estimé (1).

DEUXIÈME LEÇON.

Des pierres calcaires : Marbre. — Composition.

— Classification. — Principaux marbres exploités en France. — Usage. — Chaux carbonatée grossière. — Caractères des meilleures pierres à bâtir de France. — Chaux carbonatée crayeuse : caractères. — Gisement et localités. — Usage.

Des produits volcaniques : Caractères, composition, gisement, localités et usage du trachyte, du basalte, de la ponce, du rapillo-bianco, de la pouzzolane et du tripoli.

De la houille : Caractères. — Gisement. — Houillères de France en exploitation. — Qualités des houilles. — Leur distinction. — Recherches sur les houillères.

III^e. CLASSE.

Pierres calcaires.

21. De toutes les pierres, la chaux carbonatée

Chaux
carbonatée.

(1) *Voyage de Chardin, en Perse*, tom. 2, pag. 23.

est la plus répandue : elle forme à elle seule la huitième partie de la croûte du globe. Ses nombreuses variétés n'ont point de caractères extérieurs communs ; mais il est facile de distinguer les chaux carbonatées des autres substances , par des moyens chimiques très-simples.

Des marbres. 22. Les marbres sont des chaux carbonatées solides , à tissu compacte ou cristallin , qui reçoivent un poli vif ; ils ne font pas feu au briquet , se laissent rayer facilement avec le fer , et font effervescence avec les acides ; ils résistent très-bien à l'action de l'air : on en a la preuve dans les précieuses statues que nous ont laissées les artistes de l'ancienne Grèce.

Les marbres offrent un grand nombre de variétés ; c'est pourquoi on trouve dans les auteurs beaucoup de méthodes de classification pour les étudier ; nous adopterons la division établie dans les arts. Les artistes rangent les marbres en deux classes : 1°. *les marbres antiques* , 2°. *les marbres modernes*.

Les premiers ne sont plus connus que par les monumens auxquels ils ont été employés , ou par les statues qui en ont été faites : les carrières qui les ont fournis sont épuisées ou inconnus.]

Les marbres modernes se divisent en marbres d'Europe et en marbres étrangers.

Ceux exploités en France doivent seuls fixer notre attention ; *Rondelet* en décrit 129 qu'il range , d'après leur couleur , en huit séries (1) ; mais or-

(1) Art de bâtir , tom. 1^{er} , pag. 125.

dinairement on les distingue par le nom des villes ou des villages près desquels sont situées leurs carrières.

Les marbres sont exploités dans beaucoup de départemens, vingt-un méritent d'être cités (1).

MARBRES DE FRANCE.

23. ALLIER. *Marbre de Bourbonnais*, tricolore, mêlé de rouge, de jaune, et de bleu; on l'exploite près de Moulins. Employé à Paris.

Brocatelle de Moulins, marbre coquiller, bleuâtre, veiné de brun et de jaune doré. Ce département renferme des marbres blancs et colorés, dont on a fait le pavé de Notre-Dame, à Paris.

HAUTES-ALPES. *Marbre noir de St.-Firmin*, compacte, d'un noir foncé. Ce département offre beaucoup d'espèces de marbres employés à Grenoble.

ARDÈCHE. *Marbre de Pousin*, gris cendré, jaspé et zoné de gris noirâtre, avec veines blanches, mélangé de coquilles presque noires (2).

ARDENNES. *Marbre rouge de Givet*, rouge, nuancé de taches et de veines plus claires, contient des débris de coquilles.

Brèche de Givet. Marbre noir, veiné de blanc.

(1) On a compris l'ancien département de Sambre et Meuse, parce que ses carrières approvisionnent encore Paris et les environs, et que ses marbres sont les plus fréquemment employés.

(2) Le beau pont qui existe sur la Drôme, entre Lauriclé et Liveron, est construit en marbre de Pousin.

Marbre rouge de Charlemont, rouge, veiné de blanc et de rouge foncé, mélangé de coquilles.

ARRIÈGE. *Brèche de Cos*, marbre imitant la brèche violette, antique, ou bleu turquin. Ce département est très-riche en marbres; on y compte vingt-sept variétés.

AUBE. *Lumachelle grise* (1), marbre gris cendré, contenant des ammonites, prend un beau poli.

AUDE. *Marbre rouge de Languedoc*, rouge de feu, zoné de blanc et de gris irrégulièrement contournés (2).

Le département de l'Aude renferme encore d'autres marbres très-beaux, connus à Paris sous les noms de *Campan-Vert*, *marbre Sanguin* ou *Cervelas*, *marbre de Narbonne*, *marbre Griotte* ou *Griotte de France*; cette dernière espèce est la plus belle; elle est ainsi nommée parce que sa couleur ressemble à des cerises appelées *griottes*.

BOUCHES-DU-RHÔNE. *Brèche d'Aix*, marbre jaunâtre, taché de gris, de brun et de rouge. Cette brèche est encore connue à Paris sous le nom impropre de *Brèche d'Alep*.

CALVADOS. *Marbre de Caen*, rouge sale, veiné de gris ou de blanc, composé de madrépores (3).

(1) On prononce *Lumaquelle*.

(2) Les huit colonnes de l'arc de triomphe du Carrousel sont de ce marbre.

(3) Presque tous les cafés de Paris ont des tables de marbre de Caen.

La présence de ces madrépores lui fait donner le nom de *Lumachelle*.

CHARENTE-INFÉRIEURE. *Marbre d'Aunis ou de St.-Jean d'Angely*, composé de petites coquilles, comme les lumachelles; son fond est gris; il y a aussi dans le même département, une variété à fond jaune, découverte en 1775.

CÔTE-D'OR. *Marbre de St.-Romain*, composé, comme les brèches, de fragmens anguleux; son fond est d'un rouge de brique, et les fragmens d'un rouge clair.

Marbre de la Louère, fond gris, semé de taches brunes.

Marbre de Dromont, brèche jaunâtre.

MAINE-ET-LOIRE. *Marbre d'Angers*, fond gris, veiné de bleu.

MEURTHE. *Marbre de Beauregard*, près de Nancy, découvert en 1821. — Offre de nombreuses variétés de couleurs; il est nuancé de rouge, de jaune, de blanc, etc.

HAUTE-MARNE. *Marbre de Langres*, fond gris, parsemé de coquilles.

MONT-BLANC. *Cipolin de la tuile*, marbre cipolin d'une très-belle espèce (1).

NORD. *Marbre de Rancé*, mélangé de blanc et de rouge brun, avec des veines blanches, cendrées et bleues.

Marbre de Brabançon, fond noir, veiné de blanc.

(1) Nous citons cet ancien département parce que son marbre est encore employé en France. La colonne de Jupiter, sur le mont St.-Bernard, est faite de ce Cipolin.

PAS-DE-CALAIS. *Marbre de marquise*, composé de grandes taches jaunâtres, mêlées de filets rouges, vulgairement appelé *brocatelle de Boulogne ou de Picardie*.

PYRENNÉES (Hautes et Basses). *Marbre blanc de Bayonne*, ressemble assez au marbre blanc de Carrare, il en diffère parce que son grain est un peu plus gros.

Marbre Campan, fond blanc et isabelle, mélangé de veines vertes et blanches, contournées en différentes directions. Ce marbre est talquex, il se détruit à l'air, et n'est employé que dans l'intérieur des bâtimens; ses carrières sont près de Campan, à une lieue de Bagnières.

Nota. C'est dans les Pyrénées que le marbre existe en plus grande quantité, et sous des couleurs infiniment variées.

SAMBRE-ET-MEUSE. *Marbre de Dinan, Namur et Thée*, noirs, dégagent, par le frottement, une odeur fétide, perdent facilement leur poli lorsqu'ils sont exposés à l'air (1).

Marbre de Ste.-Anne, fond gris, mélangé de veines blanches, contenant des madrépores.

Brèche de Dourlais. Marbre d'un fond rouge, mélangé de taches noires, grises ou blanches (2).

Marbre de Leff, fond rouge pâle, veiné de

(1) Employé à Paris pour faire des carreaux et des monumens funèbres.

(2) Les grandes plaques qui revêtent les piliers de l'église St.-Roch (Paris), sont de ce marbre.

blanc , bordé de gris. Les marbres de Leff offrent beaucoup de variétés qui portent à Paris le nom générique de *marbre de Flandre*.

SAÔNE-ET-LOIRE. *Marbre de Tournus*, couleur d'un rouge jaunâtre , peu dur , ne recevant pas un beau poli.

SEINE-ET-MARNE. *Marbre de Château-Landon*, d'un gris jaunâtre , susceptible de prendre un assez beau poli (1).

VAR. *Marbre de St.-Maximin*, noir , taché de jaune et de blanc , on lui donne le nom de *Potor* (2).

Marbre de St.-Beaume, couleur rouge , veiné de blanc ; il n'est plus exploité ; on le nomme mal-à-propos marbre de *Languedoc*.

Usage. Les marbres blancs , à grain fin , sont employés préférentiellement pour la sculpture ; cependant on en fait des colonnes , des chambranles de cheminées , etc. Tous les marbres composés uniquement de chaux carbonatées , résistent mieux que ceux mélangés de substances étrangères. Ces derniers se décomposent à l'air ; aussi ne sont-ils destinés que pour la décoration intérieure des bâtimens. Tels sont les marbres contenant des oxides d'aluminium ou de magnésium , comme le *campan*, le *vert antique*, etc.

24. La chaux carbonatée , grossière , est connue

Chaux
carbonatée
grossière.

(1) Employé à la construction de l'arc de triomphe qui est à la barrière de l'Etoile (Paris).

(2) Les colonnes du château de Versailles sont de ce marbre.

sous les noms vulgaires de pierres à bâtir, de pierres de taille et de moellon. Les propriétés de ces pierres influent sur l'usage auquel on les emploie.

Gissement et localités. La pierre à bâtir appartient aux terrains de sédiment grossier, composés de calcaire secondaire ; les bancs qui la composent sont horizontaux et rarement inclinés ; elle ne forme jamais de hautes montagnes, et c'est principalement dans les plaines qu'on la rencontre.

Les propriétés de la chaux carbonatée grossière, varient selon les localités ; en sorte qu'on pourrait en distinguer un grand nombre d'espèces.

La France est plus riche en pierres que les autres pays : on en compte, d'après Rondelet, 255 espèces, non compris les marbres (1).

Les parties de la France qui fournissent les meilleures pierres, sont les départemens dont les noms suivent :

AIN. *Pierre de Villebois*, couleur grise, à grain fin, homogène et compacte, employé à Lyon sous le nom de *Choin*, susceptible de recevoir du poli.

AISNE. *Pierre de St.-Pierre-d'Aigle*. Liais tendre à grain fin.

AUDE. *Pierre de Roquefort*. Plusieurs qualités, dont une est propre à la sculpture ; à Carcassonne, on fait usage d'un grès dur qu'on extrait des environs de cette ville.

ALLIER. *Pierre de Moulins*. Siliceuse, facile à tailler ; les carrières sont près de la ville.

(1) Art de bâtir, tom. 1^{er}, pag. 164.

EURE. *Pierre de Vernon*, grain fin, texture compacte et uniforme.

GARD. *Pierres de Baratel et de Lens*. Calcaire, d'un blanc gris.

HAUTE-VIENNE. *Pierre de Grammont*, granit qu'on retire près de Limoges.

INDRE-ET-LOIRE. *Pierre d'Athé*, calcaire coquillière et persillée. On l'extrait près de Tours.

ISÈRE. *Pierre de Fontanil*, gris bleu, dure, extraite des environs de Grenoble.

MARNE. *Pierre d'Âi, de Mareuil, etc. etc.*, calcaire, d'un blanc roussâtre.

MEUSE. *Pierre de Brillon et de Savanière*, calcaire tendre, d'un grain fin, employée en sculpture.

MOSELLE. *Pierre de Jaumont, d'Amanviller, Neufchef et Homécourt*, calcaire jaune à grain fin, composée de coquillages en débris, qu'on distingue à la loupe, se taille facilement; exposée à l'air, elle y durcit et perd une partie de sa couleur. Employée à Metz et dans toutes les communes de l'ouest du département.

OISE. *Pierre de St.-Nicolas*. Pierre de Liais, à grain fin et tendre; son épaisseur varie entre 32 à 42 centimètres. Employée à Paris.

PUY-DE-DÔME. *Pierre de Volvic*, volcanique, ressemblant à la lave; elle est extraite dans les environs de Clermont.

RHÔNE. *Pierre d'Anse, de Lucenay, de Pommiers, etc.*, calcaire blanc rougeâtre, d'excellente qualité, employée à Lyon, qui est, de toutes

les villes de France, la mieux pourvue en pierres calcaires de première qualité.

SEINE-ET-OISE. *Pierre de Saillancourt et de Conflans*, calcaire dure, mélangée de silice. Employée à Paris (1).

YONNE. *Pierre de Tonnerre*, blanche, d'un grain fin, employée pour la sculpture.

Chaux
carbonatée
crayeuse.

25. La chaux carbonatée crayeuse est connue sous le nom de *craie* ; elle est sous divers états, selon son degré de pureté ; elle est maigre au toucher, se laisse rayer par l'ongle, et happe un peu à la langue.

Gisement et localités. La chaux carbonatée crayeuse n'est pas si généralement répandue que la pierre calcaire dure ; elle est disposée, par lits, dans les bas fonds ; elle forme aussi de hautes collines ; elle ne renferme pas de métaux, contient ordinairement du silex et des fossiles perdus ; quelquefois encore on y rencontre du fer sulfuré.

La craie se trouve abondamment en France, dans la Champagne, sur les côtes de la Manche, dans les environs de Rouen et près de Paris. Dans son état naturel, la craie est composée de silice 0,19, carbonate de magnésie 0,11, carbonate de chaux 0,70 ; et, après avoir subi un lavage pour la purifier, elle contient silice 0,04, carbonate de magnésie 0,08, carbonate de chaux 0,88.

Usage. Dans les pays crayeux, où on manque de pierre à bâtir, on est forcé de faire entrer la

(1) Le beau pont de Neuilly, construit par Perronnet, est fait de la pierre de Saillancourt.

craie dans les constructions, soit comme moellon, soit comme pierre de taille, quoique ce carbonate soit peu propre à cet usage.

La craie est employée comme crayon, elle sert à nettoyer les métaux et à composer la peinture grossière des bâtimens. Lorsqu'elle est convertie en pains, elle est connue dans le commerce sous les noms de *blanc d'Espagne*, *blanc de Champagne*, *blanc de Molleton* et de *blanc de Troyes*.

IV^e. CLASSE.

Produits volcaniques.

25. Le trachyte est une roche pyrocète, composée de feldspath, qui le rend fusible en émail blanc. Dolomieu lui a donné le nom de *Lave Pétro-Siliceuse* ; mais Haüy, en considérant la propriété de cette roche, d'être rude au toucher, l'a désignée sous le nom de trachyte (1).

Trachyte.

Caractères. Le trachyte est sous diverses couleurs, blanc, noir, rouge ou vert; son aspect ne varie pas moins : souvent il est lithoïde, quelquefois il est vitreux, cellulaire ou pumicé : ces quatre caractères en ont fait établir autant de variétés.

Les trachytes se décomposent à l'air, de la même manière que les roches feldspathiques. De la destruction de l'affinité d'agrégation des molécules,

(1) Du grec *τραχύς*, rude ou raboteux.

il résulte une terre qui offre de la rudesse au toucher, ou qui présente un aspect cinéreux.

Gissement et localités. Les trachytes existent dans tous les terrains volcaniques les plus anciens. Spallanzani a observé que la plus forte partie du sol des îles Lipari se trouve couverte d'une couche de trachyte vitreux, dont l'épaisseur varie entre 0^m,4 et 3^m.

Usage. La nature des trachytes les rend propres à entrer dans la composition des mortiers et des cimens hydrauliques.

Basalte.

26. *Caractères.* Les basaltes sont sous diverses couleurs; il y en a de noirs, de verdâtres, de rougeâtres; ils sont à grain fin, parsemés de petites cavités; souvent ils sont assez durs pour donner des étincelles sous le choc du briquet. Pesanteur spécifique, 3. Fusibles au chalumeau.

Analyse du Basalte. Kleproth (1).

Silice	48
Alumine	16
Oxide de fer	16
Chaux.....	9
Sonde.....	4
Acide muriatique (hydrochlorique)..	1
Eau et perte.....	6
	100

(1) Analysé du basalte de Hasenberg en Bohême. Mémoires de Kleproth, tom. 2, pag. 389.

M. Vauquelin, qui a soumis le basalte à l'analyse, y a trouvé du charbon, outre les substances indiquées ci-dessus.

Gissement et localités. Les basaltes composent des montagnes peu étendues, dont la forme est celle d'un cône : ils y sont disposés en couches, mais le plus ordinairement ils affectent une sorte de cristallisation en prismes, à trois, à quatre ou à six pans ; ces prismes sont tronqués, serrés les uns contre les autres, et offrent l'aspect d'une chaussée pavée en dalles polygones.

Les terrains basaltiques les plus remarquables sont ceux de l'Italie, de l'Auvergne, des bords du Rhin près d'Andernach, et de Drevin (Saône et Loire).

Usage. Les anciens ont employé le basalte dans leurs constructions ; ils en ont même formé des statues, malgré la difficulté qu'on éprouve à tailler cette roche.

La conservation de quelques statues faites en basalte atteste combien cette pierre est peu altérable à l'air, puisqu'on voit encore une de ces statues près des ruines de Thèbes, celle de Memnon, placée dans le temple de Sérapis.

Les propriétés du basalte doivent le faire rechercher pour les constructions exposées au frottement et à l'action chimique des liquides corrosifs ; il convient sur-tout pour paver les routes ou les rues. La petite ville de *Montelimar* (Drôme) est pavée avec des tronçons de basaltes extraits de la carrière de *Chenavri* ; et, quoique ce pavé soit

très-fatigué, il n'exige presque pas d'entretien : cet exemple suffit pour prouver que le basalte est préférable aux chaux carbonatées, et même aux grès que l'on destine à faire les pavés, les dalles des trottoirs, les bornes, etc. (1).

Les recoupes ou les petits fragmens de basalte peuvent entrer dans la composition des bétons ou autres mélanges de cette espèce.

Pépérino.

27. *Caractères.* Le pépérino est un tuf volcanique d'une couleur grise; il est parsemé d'amphigène, de pyroxène, etc., de la grosseur d'un grain de poivre.

Gissement et localités. On trouve le pépérino dans les environs des volcans, près d'Andernach et sur le Mont-Albano en Italie.

Usage. Le pépérino est employé dans les constructions. A Mayence et dans les villes voisines, on bâtit avec cette substance. Le temple de *Jupiter-Latialis*, sur le *Mont-Cavo*, en est construit.

Ponce.

28. *Caractères.* La ponce est d'un gris blanchâtre, soyeuse, quelquefois jaune ou rouge; elle est criblée de pores arrondis ou alongés, elle est dure au toucher, elle attaque le verre et l'acier, elle nage sur l'eau; sa pesanteur spécifique varie entre 0,75 et 0,91. Traitée au chalumeau, elle forme un verre blanc chargé de bulles.

(1) Les rues et les ponts de la ville de Metz (Moselle) sont pavés maintenant avec une roche rouge qui offre la dureté des basaltes; cette pierre est un *quartz* que l'on extrait des rochers de Sierck près de Thionville.

Analyse de la Ponce. Klaproth (1).

Oxide de silicium...	77,50
d'aluminium.	17,50
de fer.....	1,75
Perte.....	3,25
	100,00

Postérieurement à cette analyse, le célèbre chimiste prussien a trouvé que les oxides de potassium et de sodium existaient dans la ponce pour 0,03 (2).

Gissement et localités. La ponce se rencontre dans les environs des volcans éteints; l'Etna n'en fournit pas, et celle que l'on trouve près du Vésuve est d'un petit volume, mélangée de cendres connues sous le nom de *rappillo-bianco*. C'est principalement dans les îles de *Lipari* et les îles *Ponces* qu'on trouve cette substance en plus grande quantité, et qu'on la retire pour la mettre dans le commerce.

Usage. La pierre ponce est employée pour user certains corps, et les disposer à recevoir le poli. Lorsqu'on l'a pulvérisée, on la mêle avec la chaux pour faire des mortiers hydrauliques.

29. *Caractères.* La pouzzolane est une lave poreuse réduite en poudre, et dont l'altération n'est pas complète; sa couleur est grise, quelquefois rougeâtre.

Pouzzolane.

(1) Mémoire de Chimie, tom. 1^{er}, pag. 446.

(2) Ibidem, tom. 2, pag. 404.

Analyse de la Pouzzolane. Bergmann.

Oxide de silicium	55
d'aluminium	20
de calcium	5
de fer	20
	100

Gissement et localités. La pouzzolane étant un produit des volcans, se rencontre dans toutes les contrées qui ont été volcanisées. L'Italie en recèle une grande quantité; la France en possède moins; on la trouve en Auvergne, à Evenos près de Toulon, près Agde, dans le Languedoc, etc.

Usage. La pouzzolane entre dans la composition des mortiers et des cimens employés sous l'eau.

Rapillo.

30. On donne le nom de *rapillo* à un produit volcanique qui est de même nature que la Pouzzolane; il en diffère seulement en ce qu'il est sous la forme de grains plus gros (1). D'après M. Dolomieu, les neuf dixièmes de la masse totale de l'Etna sont formés de cette substance.

L'emploi du rapillo est le même que celui de la pouzzolane et de la ponce pulvérisée.

Tripoli.

31. *Caractères.* Le tripoli est une substance terreuse, en masse ou schisteuse; il a l'aspect d'une brique compacte.

(1) Quelques naturalistes français ont substitué le nom de *Lapu'lo* à celui de *Rapillo*, mais ce changement n'est pas admis.

Analyse du Tripoli.

Oxide de silicium.....	81,00
d'aluminium....	1,50
de fer.....	8,00
Acide sulfurique.....	6,40
Eau	3,10
	100,00

Gissement et localités. On rencontre le tripoli dans beaucoup d'endroits, particulièrement dans les terrains volcaniques et houillers. On l'extrait à Foligné, près de Rennes; à Mcnat, près de Riom (Puy-de-Dôme); à Corfou et à Santa-Fiora, en Toscane. Celui de Corfou est le plus estimé; on le connaît, dans le commerce, sous le nom de *Tripoli de Venise*.

Usage. Le tripoli est très-employé dans les arts; il sert à polir les métaux, principalement le cuivre et ses alliages dont il rehausse la couleur et l'éclat.

V^e. CLASSE.*Combustibles fossiles.*

32. *Caractères.* La houille est une matière bitumineuse qu'on trouve dans le sein de la terre, disposée en couches comme les pierres; elle est d'un noir luisant, grisâtre ou bleuâtre; elle est compacte, et se divise ordinairement en cubes; sa pesanteur spécifique est de 1,3.

Houille.

Gisement et localités. On trouve généralement les mines de houille disposées par bancs, dans l'intérieur de la terre, au bas des montagnes de seconde formation, ou entre des schistes, des grès ou des pierres calcaires primitives. Les houillères sont généralement répandues sur la surface du globe. Il existe, en France, des houillères dans quarante départemens; quelques-unes ne sont point exploitées, comme dans ceux de la Sarthe et des Deux-Sèvres. Dans d'autres départemens, tels que le Finistère, la Dordogne, le Lot, les Pyrénées orientales, le Var et la Moselle, les travaux exécutés ne sont encore que de simples recherches sans produit; cependant le département de la Moselle aura sous peu (1823) une houillère en exploitation (1).

Les houillères, exploitées aujourd'hui, sont au nombre de deux cent trente-six, dans trente départemens; ces travaux emploient 10,000 mineurs. La quantité de houille, exploitée annuellement, est de neuf millions de quintaux métriques, formant une valeur de dix millions de francs, qui devient de quarante millions au moins, à raison des frais de transport.

(1) A Scheneck près Forbach.

*LISTE des Départemens qui possèdent des
Houillères en exploitation.*

Allier.	Loire (Haute).
Alpes (Basses).	— (Inférieure).
— (Hautes).	Maine-et-Loire.
Ardèche.	Manche.
Aude.	Nièvre.
Aveyron.	Nord.
Bouches-du-Rhône.	Pas-de-Calais.
Calvados.	Puy-de-Dôme.
Cantal.	Rhin (Bas).
Corrèze.	— (Haut).
Creuse.	Rhône.
Gard.	Saône (Haute).
Hérault.	Saône-et-Loire.
Isère.	Tarn.
Loire.	Vaucluse (1).

Qualités. Les houilles contiennent plus ou moins de matières étrangères à la nature du combustible , et dont la présence en fait varier singulièrement les qualités, car il n'y a peut-être pas deux houillères qui fournissent de la houille semblable.

D'après M. Proust, la bonne houille d'Espagne contient 60 à 80 pour cent de carbone.

(1) Mémoire sur les mines de houilles de France, de MM. Lefèvre-d'Hellancourt et Cordier. — Journal des mines, n^o. 71, 72 et 215.

La houille de Silésie, selon Richter, renferme 61 de carbone et 35 de bitume.

MM. Brantôme et Hecht, qui ont analysé les houilles de la Sarre et celles du Haut-Rhin, ont trouvé dans les houilles de

Sarrebruck,	{	Carbone	58,4
		Huile bitumineuse,	20,4
Roden et La Haye.	{	Carbone	71,0
		Huile	4,0

On distingue les houilles en trois espèces : 1°. *en grasses*, 2°. *en sèches*, 3°. *en compactes*.

Houille grasse. Légère. — Friable. — Cassure brillante. — Combustion facile. — Se gonfle et s'agglutine au feu. — Connue sous le nom de *houille à maréchal*.

Houille sèche. Lourde. — Solide. — D'un noir grisâtre. — Brûle avec peu de facilité et sans se gonfler. — Renferme des sulfures de fer. — Connue sous le nom de *houille maigre*.

Houille compacte. Grisâtre. — Légère. — Solide sans être dure. — Facile à casser. — Se divise en fragmens réguliers. — Brûle facilement. — Laisse peu de résidu.

Cette espèce est le *cannel-coal des anglais*.

33. *Recherches*. Les indices de houille peuvent se remarquer :

1°. Par l'affleurement d'une couche à la surface du terrain, reconnaissable par des fragmens de houille ou de schistes bitumineux.

2°. Par la rencontre de fragmens de houille dans les ravins.

3°. Par le suintement, à travers le terrain, d'eau ferrugineuse et bitumineuse qui, étant évaporée, donne pour résidu de la houille.

4°. Par-tout où on rencontre le grès ancien, alternant avec des schistes argileux, et des empreintes de fougères, de mousse, etc. on sera assuré de la présence de la houille.

Enfin la houille n'existe jamais dans les terrains primitifs ni dans les secondaires, postérieurs au calcaire coquiller.

CHAPITRE DEUXIÈME.

ART DU TUILIER - BRIQUETIER.

TROISIÈME LEÇON.

Des terres à briques : *Leur distinction en argiles fusibles et en argiles apyres. — Préparation des argiles fusibles. — Moulage des briques communes. — Cuisson dans les fourneaux ambulans et permanens. — Action du calorique sur les tuiles et les briques.*

Des briques réfractaires : *Argiles apyres — Mélanges fusibles et infusibles. — Mode analytique des argiles. — Essai des terres. — Epluchage et lavage des argiles. — Emploi du sable et du ciment dans la fabrication. — Moulage et cuisson des briques réfractaires. — Qualités des tuiles et des briques. — Emploi des machines pour la fabrication des tuiles, des briques, des tuyaux. — Emploi des briques crues. — Application à l'artillerie.*

DES TERRES A BRIQUES.

34. Les terres que l'on destine à la fabrication des briques et des tuiles, appartiennent à la classe des argiles qui ne sont que des mélanges très-variables de divers oxides et de carbonates. La pré-

sence de ces substances, en plus ou moins grande quantité, fait ranger les terres à briques en deux divisions : 1°. en *argiles fusibles* ; 2°. en *argiles apyres*.

Les premières sont employées à fabriquer les tuiles et les briques ordinaires ; les secondes, moins communes, sont recherchées pour en composer des briques réfractaires.

35. Les caractères des terres à briques ordi- Argiles fusibles.
naires varient d'après leur composition. Celles qui contiennent le moins de matières étrangères jouissent à peu près de toutes les propriétés des argiles apyres.

Il existe peu de pays qui ne puissent fournir de la terre propre aux briques communes : on la rencontre à la surface du sol ou à peu de profondeur. Les pays d'attérissemens dans lesquels on ne trouve pas de pierres, sont précisément ceux qui offrent le plus généralement l'argile fusible. En *Hollande*, cependant, on ramasse, avec des filets en forme de poche, le limon qui se dépose au fond et sur le bord des rivières, pour en faire des briques et des tuiles.

Préparation. L'extraction de la terre se fait ordinairement en automne : on l'abandonne près de l'usine, exposée aux intempéries de l'air durant l'hiver. Les molécules agglomérées se fondent, procurent à la masse plus d'uniformité, et la terre devient plus facile à détremper. C'est dans cet état que les ouvriers disent que la terre est *pourrie*.

Quelle que soit l'attention que l'on apporte dans le choix de la terre, elle exige toujours d'être bien préparée par un corroyage, que l'on opère, en faisant marcher dessus des hommes ou des animaux. Pour exécuter ce travail, on place la terre pourrie dans un enfoncement de 0^m. 2 de profondeur, et de 3^m. de diamètre, dont le fond est garni de madriers de chêne; on l'émiette d'abord à la houe, on l'arrose ensuite, puis on y ajoute du sable, si elle est trop alumineuse (grasse); enfin on la piétine jusqu'à ce qu'elle arrive à une pâte homogène et bien liante; dans cet état elle est susceptible de prendre la forme qu'on veut lui donner.

Moulage des Briques et des Tuiles.

36. Les objets nécessaires au *mouleur* sont :

Une table.	Une plane.
Un châssis.	Un baquet à eau.
Un battoir ou batte.	Du sable fin.
Un archet.	De la terre préparée.

Il faut de plus deux ou trois ouvriers que l'on distingue en *mouleurs* et en *porteurs*.

Travail. Le mouleur saupoudre d'abord les moules et la surface de la table avec du sable fin; il remplit chaque moule d'une masse de terre qu'il comprime en se servant quelquefois d'une *batte*; il enlève la matière excédante avec la main; et il unit la surface de la brique avec une *plane*. Les

tuiles creuses sont moulées comme les plates, mais on les courbe sur un bois dont la forme est celle d'un semi-cône tronqué. Le moulage fini, le porteur reçoit les briques une à une, et les range à plat sur le sol sablé.

L'opération du moulage est très-prompte : un bon mouleur servi par son porteur peut faire dans une journée de douze heures 1000 briques ordinaires ou 800 tuiles plates ou 1400 tuiles creuses.

Aussitôt que les briques ont assez de consistance, on les pare, c'est-à-dire qu'avec un couteau on enlève les bavures; on les place ensuite les unes sur les autres, et on en forme une espèce de muraille à claire-voie, pour achever de les sécher entièrement; c'est ce qu'on appelle *mettre en haie*.

37. La cuisson des briques ordinaires s'opère, soit en plein air, soit sous des hangars. Dans le premier cas, le fourneau est sans parois, on l'élève avec les briques à cuire sur le lieu même d'exploitation, alors l'usine est ambulante. Dans le second cas, on construit des fourneaux à parois sous des hangars; et la briqueterie devient une usine permanente.

Cuisson.

Fourneaux ambulans. Dans le département du nord et dans les Pays-Bas, la cuisson des briques, comme leur moulage, s'effectue dans la belle saison sur le terrain qui fournit la terre; et lorsque le sol est épuisé d'argile, on reporte l'usine plus loin.

Le fourneau n'est qu'un massif quadrangulaire, composé de briques crues et sèches, disposées à

claire-voie , et dans la base duquel on a ménagé , sur le sol , des canaux qui servent de foyer. En construisant ce massif , on répand sur chaque lit de la poussière de Houille. On s'oppose à la trop grande déperdition du calorique en revêtant la surface avec de l'argile gâchée.

Fourneaux permanens. Les fourneaux à parois , destinés à la cuisson des briques communes , ne varient que par leurs dimensions ; ils sont construits sous des hangars très-élevés ; leur forme est ordinairement celle d'un prisme quadrangulaire. Sur l'un des côtés on pratique deux ouvertures (*les gueules*) d'un mètre de hauteur , qui servent à l'introduction du combustible.

Le vide intérieur se remplit avec les briques crues. On établit d'abord , dans le fond , des pieds droits qui correspondent à ceux des gueules , puis on forme des voûtes à claire-voie , à la hauteur des deux ouvertures ; c'est sous ces voûtes qu'on doit faire le feu. Les voûtes formées , on remplit la capacité restante avec des briques sèches , en ayant soin de les placer de champ , sans trop les rapprocher. Le dernier lit placé , on le recouvre d'un rang de briques cuites que l'on met à plat , en laissant quelques ouvertures pour la sortie de la fumée.

Pour mettre à feu , on chauffe d'abord , pendant les trois premiers jours , avec du gros bois dur ; puis , durant trois autres jours , on fait usage de bois blanc ou de fagots.

La chauffe des trois premiers jours est appelée le *petit feu* , et le chauffage des trois derniers est

appelé le *grand feu*. Pendant le petit feu, les gueules restent ouvertes, et on les ferme avec le bois même, durant le grand feu.

La cuisson étant terminée, on abandonne le fourneau au refroidissement pendant deux jours; on retire ensuite les briques et on continue à charger, à chauffer, etc.

Les mêmes fourneaux servent également à cuire la tuile, et souvent il arrive que, dans ces usines, on cuit la brique et la tuile à la fois; dans ce dernier cas, on établit les voûtes en briques, sur une épaisseur de cinq à six briques mises de champ. On superpose des tuiles pour la moitié ou les deux tiers de la hauteur, et on remplit avec des briques.

Action du calorique. Les briques perdent de leur poids, en se séchant et en cuisant; cette perte doit être différente selon les diverses qualités des terres. On peut évaluer la perte qu'éprouvent les briques, en passant du moulage à une dessication complète, terme moyen, à 0,23, et à 0,05, en passant de cette dessication à une cuisson parfaite.

Le départ complet de l'humidité n'est pas la seule action à considérer : le calorique favorise encore l'affinité des divers oxides entre eux, en sorte que, par cette combinaison, la tuile ou la brique acquiert de la retraite, et, par suite, plus de dureté et plus de densité; propriétés qui rendent la terre cuite susceptible de résister aux agens destructeurs.

Briques Réfractaires.

Argiles apyres. 38. Les briques ordinaires ne peuvent servir à la construction intérieure des fourneaux destinés à supporter une haute température. On est donc obligé, dans les usines, où le calorique est employé comme agent principal, de composer des briques particulières dont l'infusibilité leur a mérité le nom de *briques réfractaires*.

Toutes les argiles ne sont pas propres à former ces briques ; on donne la préférence à celles qui n'éprouvent aucune fusion à une température de 140°, du pyromètre de *Wedgwood*. C'est cette propriété si recherchée dans les argiles qui les a fait nommer *apyres* (1).

Mélanges fusibles et infusibles.

39. Les causes qui rendent les argiles fusibles ou infusibles, sont la présence ou l'absence des oxides de silicium, de calcium, de fer et de magnésium. Ces oxides, qui altèrent plus ou moins les argiles, font varier leur fusibilité selon leur nombre ou leur proportion. Tous, à l'exception de celui de silicium, se rencontrent ordinairement, à l'état de carbonates, dans les argiles ; mais, par l'action du feu, ils perdent leur acide carbonique et peuvent se combiner.

Les expériences d'*Achard* nous apprennent :

1°. Que la réunion des oxides d'aluminium et de silicium sont infusibles.

(1) Formé de l' α privatif et de $\pi\upsilon\rho$ feu.

2°. Qu'un mélange de parties égales d'oxides de calcium, de magnésium et de silicium peut être fondu en un verre d'une couleur verdâtre.

3°. Que le mélange de ces trois oxides ne se fond point lorsque c'est l'oxide de magnésium qui y entre en plus grande proportion.

4°. Que le mélange fond rarement si c'est la silice qui prédomine; en effet la fusion ne s'opère que dans les proportions de trois parties des oxides de silicium, de deux de calcium et d'un de magnésium, ce qui forme une porcelaine (1).

L'oxide de fer, qui se rencontre très-ordinairement dans les argiles, ne détermine jamais leur fusion, lorsqu'il est seul; mais, étant mélangé avec les autres oxides, il rend les argiles fusibles.

Les argiles, dans leur état naturel, ne sont point colorées par de petites quantités d'oxide de fer; mais, si les proportions de cet oxide sont plus grandes, il les colore en vert ou en bleu d'ardoise.

La couleur des argiles change par l'action du feu, à cause de la présence du fer; elles passent au jaune et au rouge, plus ou moins foncés, selon l'intensité du calorique; dans le premier cas, l'oxide de fer est encore hydraté, et, dans le second, il est seulement tritoxidé.

40. Lorsque l'argile est dans son état naturel, Mode analytique (2).

(1) Journal de physique, tom. 24, pag. 216.

(2) On a indiqué, dans l'avertissement, que, sous le titre de *mode analytique*, on donnerait uniquement l'emploi des agens chimiques sans décrire le travail manuel.

on l'analysera par la formule suivante; mais, si elle a subi l'action du feu, comme dans les briques cuites, on la traitera à la manière des minerais siliceux (1).

A. Après avoir réduit en poudre l'argile à analyser, on en pèse cinq ou dix grammes que l'on traite par l'acide hydro-chlorique bouillant, puis on filtre, on lave, etc. Le résidu isolé sera l'*oxide de silicium*.

Si l'oxide de silicium précipité se trouvait mélangé d'oxide de fer, ce qui est facile de reconnaître par la couleur, il faudrait traiter ce précipité par le deutoxide de potassium, séparer ensuite les oxides de silicium et de fer comme si on opérât sur un minéral siliceux.

B. Les chlorures en dissolution seront convertis en carbonates insolubles par un sous-carbonate de sodium ou de potassium, puis traités par l'hydrate de potassium, dont un excès dissout seulement l'oxide d'aluminium. On sépare le précipité restant et on décompose la liqueur par le muriate d'ammoniaque qui isole, à l'état de pureté, l'*oxide d'aluminium*.

C. Les carbonates insolubles (B) sont traités à chaud par l'acide nitrique qui les décompose, dissout les oxides de calcium et de magnésium, et rend le fer insoluble en le peroxidant; on sépare donc le *fer tritoxidé*.

(1) Deuxième partie du cahier classique: analyse des minerais de fer.

D. Les nitrates solubles (C) sont décomposés par l'acide sulfurique, en ayant soin d'ajouter un peu d'alcool avant l'emploi de l'acide. On isole, par les moyens ordinaires, le sulfate de calcium, puis on le traite par le sous-carbonate de potassium, pour obtenir *le carbonate de calcium*.

E. La solution magnésienne restante (D) est également traitée par le sous-carbonate de potassium, qui fournit *le carbonate de magnésium*.

F. Si l'argile contient de l'eau, ce qui est le cas le plus ordinaire, pour en connaître le poids, on calcine cent parties d'argile et on repèse; on retranche ensuite du poids primitif, le poids du résidu et de l'acide carbonique des carbonates, et la différence indique la quantité d'eau.

L'analyse de l'argile montre donc son degré de fusibilité, en faisant connaître la nature des éléments dont cette terre peut être composée.

41. Les ouvriers ont des moyens qui paraissent plus simples, mais qui sont moins exacts que l'analyse chimique, pour reconnaître la nature des argiles : ils confectionnent une brique avec de l'argile à essayer, et ils l'exposent à l'action d'un grand coup de feu, si elle n'a pas montré un commencement de fusion, et que sa couleur n'ait pas changé sensiblement, ils la jugent propre à fabriquer des briques réfractaires. Nous faisons observer que ce moyen est insuffisant : car l'argile soumise à l'essai peut être infusible dans son état naturel, et ne pas convenir pour cela à la construction intérieure des fourneaux, parce que, dans le four-

Essai.

neau même, les oxides, qui accompagnent l'argile, peuvent se réunir avec ceux des métaux dont on veut déterminer la fusion ; aussi voit-on des briques composées d'argile qu'on avait considérées comme réfractaire, se dégrader dans les sols des fourneaux de fonderies.

Nous proposons, comme moyen plus convenable, de faire des mélanges d'argiles avec les oxides des métaux que l'on veut traiter ; d'en composer des cylindres de quatre à six centimètres de diamètre, sur un décimètre environ de longueur, d'exposer ensuite ces mélanges à une température égale à celle que les briques doivent supporter. Après la cuisson, l'examen des cylindres indiquera évidemment l'argile qui conviendra le mieux.

L'analyse ou les essais sont indispensables lorsqu'il est question de composer des briques réfractaires avec des argiles qu'on n'a pas encore employées ; mais lorsque ces argiles sont déjà connues, il ne reste plus qu'à les améliorer. (*Argiles de France*, n°. 18).

Si les recherches avaient pour objet de se procurer une terre propre à la fabrication des briques ordinaires, il suffirait seulement de vérifier si l'argile est fusible au rouge blanc : pour cela, on formerait un ou deux cylindres avec la terre à essayer, on les scrait sécher graduellement au feu, puis on les introduirait dans le foyer d'une forge. Après l'opération la terre sera réputée de bonne qualité, si les cylindres ne sont que vitrifiés à leur surface, et s'ils ne sont pas fondus sous forme de scories.

42. L'argile étant tirée du sein de la terre, on la laisse essorer sous des hangars pendant un mois; puis on en fait sortir les cailloux, les charbons, les sulfures de fer et les autres corps étrangers qu'elle peut contenir. Cette opération se nomme *l'épluchage*. Pour éplucher l'argile, on la brise au marteau ou on la divise au couteau : tous les morceaux doivent passer par les mains pour être examinés avec attention. Epluchage.

43. Les matières étrangères sont quelquefois tellement disséminées dans l'argile qu'on ne peut les apercevoir; alors on la délaye dans l'eau pour obtenir ensuite leur séparation, soit par la décantation, soit par le tamisage. Lavage.

Lorsqu'on opère en grand, on a des bassins placés les uns au-dessus des autres, et le travail se fait facilement : dans le cas contraire, on lave dans des cuiviers.

44. L'argile après avoir été purifiée par les lavages, est très-pure et très-réfractaire : mais, dans cet état de pureté, les briques qu'on en confectonnerait ne pourraient se sécher, etc.; il faut donc augmenter la porosité de la pâte, ce qu'on obtient par l'addition de la silice que l'on choisit parmi les sables naturels. Emploi du sable.

Si on n'a pas à sa disposition des sables convenables, on peut les remplacer par les cailloux blancs de rivière : on obtient leur pulvérisation, d'une manière facile, en les faisant chauffer dans un brasier; et, lorsqu'ils sont rouge de feu, on les fait refroidir promptement, soit en les jetant dans

l'eau froide, soit en les arrosant avec ce liquide : ce refroidissement subit les rend friables.

Enfin, si on manquait de sable ou de cailloux, on remplace la silice avec avantage, par le ciment provenant de la pulvérisation des briques de démolition.

Moulage.

45. L'argile étant préparée, on y ajoute le sable et le ciment dans des proportions qui varient beaucoup ; mais généralement on introduit plus de ciment que de sable. On favorise le mélange par une addition d'eau ; on forme une pâte un peu ferme, que l'on frappe d'un battoir en bois, puis on divise la pâte à différentes reprises, pour la battre de nouveau, et former un mélange homogène.

Le mode de fabrication de la brique réfractaire est le même que celui employé pour les briques ordinaires, la forme des moules seule varie (moulage n°. 36). Les briques moulées sont placées à l'ombre pour être séchées, ou bien on les porte à une étuve, puis on les fait cuire graduellement dans des fourneaux particuliers.

Cuisson.

46. Il y a deux manières de cuire les briques ordinaires et réfractaires au bois ou à la houille : les principes, d'après lesquels les fourneaux sont construits, sont très-différens, et tiennent à la manière de brûler de ces deux combustibles.

Lorsqu'on fait usage de bois, ce qui est le cas le plus ordinaire, on se sert d'un fourneau prismatique quadrangulaire, dont la chauffe est à la partie inférieure ; celui employé dans les fonderies de l'artillerie, porte 5^m. de hauteur sur 2^m. de côté.

Dans les forges où on fait une grande consommation de briques réfractaires, la cuisson peut s'opérer avec économie, en mettant à profit la flamme qui s'échappe des hauts-fourneaux, comme cela se pratique aux forges de Hayange (*Moselle*).

Si la houille est le combustible employé à la cuisson des briques, le fourneau ressemble à une chambre voûtée; la grille, sur laquelle repose le combustible, est sur le même plan que le sol de la chambre, la cheminée qui reçoit la fumée est placée à la partie opposée, et doit prendre naissance intérieurement et sur le sol même.

47. Les tuiles et les briques, qui ont subi la cuisson, ont des caractères qui dépendent de leur position dans le fourneau; celles qui sont le plus près du foyer sont les plus sonores, et font feu au briquet; celles qui en sont les plus éloignées sont moins sonores, et elles happent encore à la langue. Qualités des
tuiles et des bri-
ques.

En général, les tuiles et les briques cuites doivent être régulières; leur intérieur et leur surface doivent être d'une couleur uniforme, et la résonance doit appartenir plus particulièrement aux tuiles.

48. La fabrication des tuiles, des briques et même des tuyaux, par des moyens accélérés, a été l'objet de beaucoup de recherches. Emploi
des machines.

Parmi les machines qui ont été imaginées, on doit considérer celle de M. *Hattemberg*, de Russie, et celle de M. *Kinsley*, des Etats-Unis, comme étant les plus parfaites. Malgré la perfection dont

ces machines semblent être pourvues, on préfère encore la fabrication ordinaire (1).

Toutes ces machines ne sont destinées qu'à faire prendre à la terre la forme qu'on veut lui donner; mais, si on se propose d'augmenter la propriété de résister à l'action du feu, il faut rapprocher fortement les molécules de l'argile, en fabricant les briques, soit par la percussion d'un mouton ou d'un balancier, soit par la compression d'une presse hydraulique.

Emploi des
briques crues.

49. Les briques, qui ont été moulées et séchées seulement à l'air ou à l'étuve, prennent le nom de *briques crues* : elles présentent peu de solidité, elles sont poreuses, absorbent beaucoup d'eau, et finissent par se délayer à l'action de ce liquide; en sorte que ces briques ne peuvent convenir à la construction des édifices que dans les pays où il ne pleut pas, comme en Égypte.

Les inconvéniens que présentent les briques crues disparaissent lorsqu'elles sont employées à la bâtisse des fours ou fourneaux à reverbère, comme cela se pratique à la fonderie de *Séville* (Espagne), et dans les verreries ordinaires; mais, dans celles-ci, on donne la préférence aux briques crues encore molles.

Application à l'artillerie. D'après l'usage qu'on fait des briques crues, il est facile de comprendre qu'elles peuvent servir à la construction des four-

(1) Bulletin de la Société d'encouragement. — Avril 1808, et août 1813.

neaux à reverbère destinés à faire rougir les boulets; l'économie et la sécurité que présentent ces fourneaux, les rendent préférables aux grils, dont l'emploi est généralement connu. Ainsi, lorsqu'en campagne on voudra exécuter le tir à boulets rouges, on cherchera, dans les environs de la batterie, une terre à briques; et, pour connaître celle qui conviendra le mieux, on fera des essais (41). Dès qu'on aura à sa disposition une terre résistante et les objets nécessaires au moulage (36), on composera des briques, et avec celles-ci, molles ou crues, on construira des fourneaux à rougir les boulets.

CHAPITRE TROISIÈME.

ARTS DU CHAUFOURNIER ET DU PLÂTRIER.

QUATRIÈME LEÇON.

Art. du Chauffournier : *Pierres propres à fournir la chaux. — Essai. — Construction des fours. — Fours à travail alternatif. — Manière de les gouverner. — Four à travail continu. — Conduite de l'opération. — Four à la Rumfort. — Travail qu'on y exécute. — Théorie de la cuisson de la chaux. — Essai. — Usage.*

Art du Plâtrier : *Chaux sulfatées. — Synonymie. — Caractères. — Analyse. — Chaux sulfatée grossière. — Caractères. — Gissement et localités. — Choix des pierres à plâtre. — Mode analytique. — Cuisson de la pierre. — Théorie de cette opération. — Gâchement du plâtre. — Conservation. — Usage.*

ART DU CHAUFOURNIER.

Pierres
à chaux.

50. Les pierres que l'on destine à la fabrication de la chaux appartiennent à la classe des *calcaires* (n^{os}. 21 à 25); elles n'ont aucun caractère physique qui leur soit commun, et leur composition est singulièrement variée. Les pierres à chaux sont

rarement à l'état de pureté ; elles offrent des mélanges de divers oxides qui changent les qualités de la chaux qu'elles donnent par la calcination. Sans antieiper sur ce que nous avons à faire connaître sur les chaux vives (n°. 68), nous pouvons ranger toutes les pierres en deux espèces, d'après les propriétés des chaux qu'elles produisent.

1°. Pierres dont la chaux ne jouit pas de la propriété de se durcir sous l'eau, non plus que les mortiers à la composition desquels elle est employée ;

2°. Pierres dont la chaux se durcit sous l'eau, ainsi que les mortiers qu'on en forme.

Les qualités d'une chaux ne pouvant être prévues ni déduites des propriétés physiques des pierres, un moyen simple devient donc nécessaire pour arriver à cette connaissance.

51. *Essai.* On fera chauffer graduellement à la forge d'un maréchal, et jusqu'au *rouge cerise*, un morceau de pierre à essayer, on le laissera refroidir, on le placera dans un vase qu'on remplira d'eau ; après huit jours d'immersion, on décantera le liquide et on examinera le dépôt ; si la chaux humectée forme une bouillie liquide, la pierre appartient à la première espèce ; mais, si le dépôt a acquis une dureté suffisante pour résister à la pression du doigt, la pierre sera comprise dans la deuxième espèce.

Division. Toutes les pierres à chaux soumises à cet essai, peuvent être rangées en deux espèces ;

celles de France qui sont les plus connues sont les suivantes (1) :

PIERRES dont la chaux ne se durcit pas sous l'eau.

AIN. *Pierre de Lagneux*, d'un gris jaunâtre. La chaux qui en provient est employée à Lyon.

ALLIER. *Pierre de Vichy*, calcaire d'eau douce, d'un blond jaunâtre.

ARDÈCHE. *Pierre de la Voulte*, d'un blanc jaunâtre, renfermant des coquilles.

AVEYRON. *Pierre de Villefranche*, d'une couleur jaunâtre.

SEINE. *Pierre de Paris*, calcaire grossier.

Pierre des environs de Paris, calcaire d'eau douce, jaunâtre.

SEINE-ET-MARNE. *Pierre de Châteaui-Landon*, près de Nemours, jaunâtre, un peu cellulaire, sonore.

PIERRES dont la chaux se durcit sous l'eau.

AIN. *Pierre de St.-Germain*, d'un gris foncé, veiné de blanc, lamellaire, renfermant des griphites, etc. ; la chaux qu'elle produit est employée à Lyon.

EURE-ET-LOIR. *Pierre de Senonches*, près Dreux, marneuse, tendre, devient dure par la calcination ; la chaux qui en provient est meilleure que celle de Metz, dite de Vallières ; on l'emploie beaucoup à Paris.

GARD. *Pierre de Nîmes*, calcaire secondaire, d'un gris jaunâtre.

JURA. *Pierre de Digna*, d'un gris foncé, mêlée de lamelles calcaires et de beaucoup de griphites.

LOIRE. *Pierre de Vougy*, près de Roanne, renfermant des coquilles à espèces perdues.

MOSELLE. *Pierre de Vallières*, d'un gris bleuâtre nouvellement extraite, devient blanchâtre par son exposition à l'air, empâtant des griphites.

PUY-DE-DÔME. *Pierre de Lezoux* calcaire d'eau douce.

(1) Il eût été facile de comprendre dans cette division un

52. La cuisson de la pierre s'opère dans des four- Fours à chaux.
neaux qu'on nomme *fours à chaux*, dont la forme et les dimensions varient selon la nature du combustible, et souvent selon la pratique en usage dans le pays.

Il y a des fours qui sont simplement construits en pierres sèches, prises dans le toit de la carrière; d'autres sont faits en pierres calcaires, dures, maçonnées avec de l'argile, ou bien on remplace la pierre calcaire par des pierres siliceuses de la nature des grès; enfin on élève des fours en briques, et ce sont ces dernières constructions qui offrent le plus de solidité.

Nous distinguerons deux sortes de fours :

1°. Ceux à travail alternatif; c'est-à-dire qui ne peuvent être chargés et dérangés qu'après le parfait refroidissement ;

2°. Ceux à travail continu, desquels on retire la chaux à mesure qu'elle se forme.

53. *Fours à travail alternatif.* Parmi les fours à travail alternatif, le plus simple est celui que l'on rencontre dans les pays où le bois est abondant. Il consiste en une excavation, d'une forme prismatique, quadrangulaire, de 1^m.5 de base, sur 5^m. de hauteur environ. Ce four est ordinairement placé sur le penchant d'un talus, afin d'en faciliter le service.

plus grand nombre de pierres; mais on a pensé qu'il suffirait d'indiquer seulement celles qui ont été caractérisées par M. l'ingénieur Berthier.

Les fours prismatiques sont moins avantageux que ceux qu'on emploie dans les pays à houille, et dont la forme est celle d'un cône tronqué, renversé.

Dans le département de la Moselle, les fours sont plus économiques : leur forme représente un ellipsoïde ; mais ils sont encore susceptibles d'être perfectionnés, en séparant le foyer du cendrier, par une grille destinée à porter le combustible.

Travail
en général.

54. On forme, dans l'intérieur du four, une voûte avec les pierres à chaux mêmes, de manière à laisser 1^m. entre elles et le foyer ; le reste de la capacité se remplit par le haut.

Dans l'arrangement des pierres, on a soin :

1°. De dresser quelques bûches sur la circonférence, pour établir des *cheminées* ;

2°. De placer les pierres sur les angles autant que possible ;

3°. De loger les pierres les plus fortes sur la voûte, et les plus petites, appelées *le garni*, dans le haut du four.

En remplissant le four, on donne au garni une surface demi-sphérique, qui doit servir à construire un couvercle de même forme.

Le four étant ainsi préparé, on fait le *fumage*, opération qui consiste à chauffer la pierre par la fumée d'un petit feu que l'on entretient pendant 10 à 12 heures ; si la pierre était exposée à l'action subite de la flamme, elle s'écarterait, et la voûte serait rompue.

Après le fumage, la pierre est suffisamment

échauffée, pour recevoir l'action de la flamme, que l'on augmente, par degré, jusqu'à ce que la pierre soit parfaitement rougie à la base du four; c'est-à-dire, dans un rayon égal au tiers de la hauteur totale du four. A cette époque, la flamme éprouve de la résistance à s'élever; c'est cette résistance que les ouvriers nomment *rebuttage*.

Lorsque le rebuttage se présente, on soutient le feu, avec égalité, jusqu'à ce que la hauteur de la pierre, dans le four, diminue d'un sixième. Ce tassement est un indice certain que la calcination tire à sa fin; c'est alors qu'on ralentit le feu pendant six heures environ; puis on abandonne le four au refroidissement qui peut durer 6 ou 8 heures, selon la température de l'air atmosphérique; après le refroidissement, on enlève la chaux pour recommencer une nouvelle *fournée*.

55. *Fours à travail continu.* Les fours de la seconde espèce sont moins nombreux que les premiers. Le plus anciennement connu est celui où la cuisson s'opère à la houille. La forme de ce four est celle d'un cône tronqué renversé; ses dimensions sont :

Hauteur.....	^{m.} 2,5
Grand diamètre...	1,8
Petit id.....	0,6

La base du four est pourvue d'une grille mobile qui supporte les pierres à cuire: par cette disposition le foyer devient le cendrier.

Travail. On place, sur la grille mobile, du menu

bois qu'on recouvre de houille; puis on fait un lit de pierres calcaires, un lit de houille et ainsi de suite jusqu'à la dixième couche : alors on met le four à feu, et on continue à le remplir entièrement, par des lits successifs de houille et de chaux carbonatée.

Lorsqu'on juge que la pierre, dans les couches inférieures, est suffisamment calcinée, on retire les barreaux mobiles, et la chaux cuite tombe dans le cendrier. Aussitôt qu'on aperçoit des morceaux dont la cuisson n'est pas parfaite, on replace les barreaux, on recharge le four, et on continue le travail.

56. *Four à la Rumfort.* Le comte de Rumfort a proposé un four, à travail continu, dont l'intérieur est cylindrique : il est sans grille, le chauffage s'opère sur le côté, à 0^m.45 de la base; une ouverture opposée à la chauffe est destinée à l'extraction de la chaux cuite. Les dimensions de ce four sont les suivantes :

Hauteur.....	6 ^m .
Diamètre.....	1
Epaisseur du massif...	3

Travail. On introduit du bois dans le four, sur une hauteur de 0^m.5, puis on remplit le vide restant avec la pierre qu'on veut cuire; on entretient le feu par la chauffe latérale qui devient un foyer à flamme renversée. A chaque demi-heure, on retire la chaux suffisamment cuite, en se servant

d'un crochet en fer; ensuite on remet, de nouvelles pierres dans le haut, et l'opération ne cesse que lorsque le four est dégradé, ou qu'on a assez de chaux.

57. La chaux carbonatée, exposée à l'action du calorique, perd l'eau et l'acide carbonique qu'elle contient; l'eau favorise le départ de l'acide, puisque l'expérience démontre que les pierres sèches se calcinent bien moins que celles qui sont humides : ce fait prouve qu'il y a économie en arrosant la pierre, ou le combustible, avant son emploi.

Théorie.

La pierre étant rouge, les oxides de silicium, d'aluminium, et peut-être ceux de magnésium, de manganèse et de fer, que les chaux carbonatées peuvent contenir, entrent en combinaison avec l'oxide de calcium, et forment des composés qui font varier les qualités des chaux caustiques; composés qui apportent une influence bien marquée sur la bonté des mortiers, comme nous l'exposerons plus tard.

58. *Essai de la chaux.* Le degré de cuisson que le chaudiournier donne à la pierre, peut varier, soit par économie, soit par défaut de soin, etc.; il en résulte alors des chaux plus ou moins cuites. Il est donc avantageux, pour le constructeur, d'avoir un moyen de reconnaître si la cuisson d'une chaux est parfaite : ce moyen consiste à éteindre un morceau de chaux dans l'eau, puis à en former une bouillie claire, sur laquelle on verse quelques gouttes d'acide sulfurique, nitrique ou hydro-chlorique. Si tout l'acide carbonique a été enlevé par la

calcination, on n'apercevra point d'effervescence, et la cuisson de la chaux sera réputée parfaite.

Usage. Le principal emploi de la chaux vive est de former la base des mortiers, des cimens et des bétons.

La propriété que possède la chaux caustique, d'absorber l'humidité et l'acide carbonique de l'air, doit la faire employer comme *hydropote* pour les magasins à poudre, et comme désinfectante dans quelques circonstances, pour assainir la demeure du soldat, etc.

ART DU PLÂTRIER.

Chaux
sulfatée.

59. *Synonymie.* Gypse. Verner et Brochant.
Chaux *hydro-sulfatée*. Bournon.
Chaux *sulfatée*. Haüy et M. Brong.
Sélénite des anciens.
Pierre à plâtre, nom vulgaire.

Caractères. Il existe beaucoup d'analogie entre la chaux carbonatée et la chaux sulfatée; celle-ci est beaucoup plus tendre, et se laisse même attaquer par l'ongle; elle est légèrement flexible sans être élastique; exposée à l'action du calorique, ses lames cristallines se séparent; elle devient blanche en perdant l'eau qu'elle contenait, et tombe en poussière dans les vingt-quatre heures.

<i>Analyse de la chaux sulfatée.</i>	Fourcroy.	Bergmann.
Chaux.....	32	31,2
Acide sulfurique	46	46,8
Eau.....	22	22,0
	100	100,0

60. *Caractères.* La chaux sulfatée grossière est connue sous les noms de chaux sulfatée calcarifère et de pierre à plâtre; elle présente un grain grossier et une texture compacte, elle est rarement à l'état de pureté : elle contient de la chaux carbonatée; alors elle fait effervescence avec les acides; sa couleur varie par la présence du fer ou d'un bitume charbonneux.

Chaux sulfatée
grossière.

Gissement et localités. La formation des chaux sulfatées appartient à trois époques différentes.

La chaux sulfatée, primitive, n'a été déposée qu'après la dernière formation des montagnes primitives; celle que l'on trouve au St.-Gothard en fournit la preuve : elle ressemble assez au sucre.

La chaux sulfatée de seconde formation se rencontre dans les terrains calcaires, principalement dans les vallées ou sur le penchant des montagnes; elle est à grain fin, ordinairement fibreux.

La chaux sulfatée de troisième formation est en bancs très-épais que l'on rencontre dans les plaines; elle est moins pure que les précédentes; les matières dont elle est mélangée sont l'argile, la chaux carbonatée, et quelquefois des débris d'animaux.

La chaux sulfatée existe dans beaucoup de départemens et sous diverses couleurs : à *Aix*, elle est d'un blanc opaque; à *Metz*, on en trouve de la rouge comme celle de *Toulon*; à *Montmartre*, elle est d'un jaune sale; à *Dijon*, elle est bleue, et noire à *Bex*.

Choix
des pierres
à plâtre

61. Les pierres à former le plâtre propre aux arts, varient par leur couleur et par les propriétés du plâtre qu'elles produisent.

Les pierres dans lesquelles le sulfate de chaux est presque pur, fournissent à la cuisson du *plâtre fin*.

Les pierres, composées de sulfate de chaux et de carbonate de cette base, donnent à la cuisson le *plâtre commun*. La solidité de celui-ci est plus grande que celle du plâtre fin, parce que l'oxide de calcium qu'il contient forme, par le gâchement, une sorte de mortier; l'expérience a prouvé que les meilleures pierres à plâtre, pour les constructions, sont celles qui contiennent la chaux carbonatée, entre 0,1 et 0,33 de leurs poids, ainsi l'analyse chimique seule peut indiquer le choix à faire.

Mode
analytique.

62. L'analyse des chaux sulfatées, pour s'assurer de leur mélange avec la chaux carbonatée, est de la plus grande simplicité: il suffit de les traiter par l'acide nitrique qui dissout la chaux et n'attaque pas le sulfate calcaire; la matière en dissolution est reprise par un carbonate alcalin qui régénère le carbonate de chaux dont on cherche le poids.

Cuisson.

63. La cuisson de la pierre à plâtre est plus facile que celle de la chaux carbonatée; cette opération est si simple que, dans plusieurs communes du département de la Moselle, les habitants préparent eux-mêmes le plâtre cuit dont ils ont besoin, soit pour leurs constructions, soit pour fertiliser les

terres : ils forment, en plain air, un tas avec les pierres à cuire, en ayant soin de ménager, sur le sol, de petits couloirs dans lesquels ils introduisent le combustible pour opérer la cuisson.

Dans les environs de Paris, et dans beaucoup d'autres pays, on cuit le plâtre entre trois murs, sous des hangars rectangulaires. On forme une ou plusieurs voûtes avec les morceaux les plus gros ; on couvre la voûte avec des morceaux moyens, puis on superpose les plus petits ; on fait du feu sous la voûte, et le calorique dégagé, sans faire rougir la pierre, suffit pour opérer sa cuisson, dont la durée est relative à la grosseur et à la quantité de pierres que l'on cuit à la fois.

Tous les fours à chaux peuvent servir à cuire la pierre à plâtre ; le travail est le même que celui du chauffournier ; mais la durée de l'opération est plus courte, puisque la chaux sulfatée exige moins de calorique que la chaux carbonatée pour être décomposée.

Théorie. Durant l'opération, l'eau contenue dans la pierre est évaporée, et la décomposition du carbonate se trouve favorisée par le départ de l'eau du sulfate. C'est à cette cause que l'on doit attribuer la promptitude avec laquelle on cuit une grande quantité de pierres à une température peu élevée ; enfin le sulfate, qui se trouve en contact avec le charbon, se décompose et forme une petite quantité de sulfure de chaux.

64. Avant d'opérer le gâchement ou le gâchage Gâchement.

du plâtre , on le pulvérise , soit à l'aide de battes ou battoirs , soit par le moyen de machines.

Le gâchage s'opère dans des augets ; la quantité d'eau nécessaire est à peu près égale au volume du plâtre nouvellement cuit et pulvérisé. En mélangeant le plâtre , on forme une bouillie qui ne tarde pas à prendre une consistance dure. Pendant ce changement d'état il se produit un dégagement de calorique , d'acide hydro-sulfurique , et une augmentation de volume qui est toujours en raison de la pureté du plâtre ; si cette augmentation est trop forte , elle devient nuisible ; dans ce cas , les ouvriers ajoutent des corps pulvérisés ou des cendres qui s'opposent à l'affinité d'agrégation.

Le durcissement qu'acquiert le plâtre gâché , est considéré comme l'effet d'une cristallisation.

Conservation. 65. Le plâtre cuit attire promptement l'humidité de l'air , et sa bonté diminue en raison de sa vétusté , aussi ne doit-on opérer sa cuisson qu'au fur et à mesure des besoins. Si on est forcé d'en faire provision , on doit le conserver dans des tonneaux garnis d'un couvercle et les placer dans un lieu sec.

66. *Usage.* Le plâtre gâché reçoit très-bien les empreintes des moules , aussi est-il employé à faire des statues , des bas-reliefs , etc. Dans la bâtisse , il sert pour les enduits , les plafonds , et pour toutes les parties de la décoration , travail auquel il se prête facilement. Enfin , gâché avec la colle forte , il forme les stucs.

CHAPITRE QUATRIÈME.

ART DU MAÇON.

CINQUIÈME LEÇON.

De la chaux caustique : *Distinction des chaux en communes, en moyennes et en hydrauliques. — Caractères. — Usage. — Causes qui rendent les chaux hydrauliques. — Analyse chimique des chaux. — Chaux hydrauliques artificielles. — Extinction de la chaux par l'arrosage, par l'immersion et par l'air.*

Des mortiers : *Sable et matières qui le remplacent. — Mortiers ordinaires et hydrauliques. — Mortier-ciment. — Mortier-plâtre. — Influence des divers agens sur la bonté des mortiers. — Théorie du durcissement. — Influence de l'extinction de la chaux.*

Des mastics : *Mastic pour joints, terrasses et citernes. — Mastic des chaudronniers. — Mastic pour les pompes à feu, etc.*

67. La chaux nouvellement cuite est connue sous les noms de *chaux vive* et de *chaux caustique* ; ses propriétés sont d'être blanche, d'un gris jaunâtre ou verdâtre, sa cohérence est relative à la solidité des matières dont elle provient, et sa pesanteur spécifique est de 2,3.

De la chaux.

La chaux a une saveur chaude, âcre et urieuse, elle verdit la teinture de violette beaucoup mieux que les oxides de barium et de magnésium.

Exposée à l'air, la chaux se gonfle, se fendille, se réduit en poudre et acquiert beaucoup de volume.

L'eau, versée en petite quantité sur la chaux caustique, est absorbée avec rapidité; il se produit un degré de chaleur tel que, pendant la nuit, la chaux paraît rouge ou lumineuse.

Si on continue à l'humecter, elle se divise, forme une poudre douce au toucher; alors elle prend les noms de *chaux fondue*, *chaux coulée*, *chaux éteinte*.

Dans ce dernier état, la chaux est susceptible de prendre une nouvelle quantité d'eau, et de former une pâte qui, après la dessiccation, retient encore 24,8 d'eau pour 100 de ce composé qu'on considère comme un hydrate de chaux (1).

**Distinction des
chaux.**

68. Les anciens avaient rangé toutes les chaux en deux classes. En *grasses* et en *maigres*; les premières, ainsi appelées parce que leur volume augmente beaucoup par l'extinction; par opposition, ils ont nommé chaux maigres celles qui, dans la même opération, acquièrent moins de volume.

La qualification de chaux maigre a ensuite été donnée à toutes les chaux qui jouissent de la

(1) Traité de chimie de M. Thénard, troisième édition, tom. 2, pag. 198.

faculté de se durcir sous l'eau ; mais cette propriété n'étant pas commune à toutes les chaux maigres, on voit que la classification devient vicieuse, comme l'a observé M. Vicat, qui a proposé des dénominations plus exactes (1).

Toutes les variétés de chaux peuvent être réduites à trois espèces.

- 1°. Chaux commune, dite grasse.
- 2°. Chaux maigre ou moyenne.
- 3°. Chaux hydraulique.

Chaux commune.

69. *Caractères.* Couleur plus ou moins blanche. — Ne prend pas corps sous l'eau. — Absorbe deux à trois fois son volume d'eau. — Supporte beaucoup de sable dans la composition des mortiers.

Usage. D'après les caractères de la chaux commune, on voit qu'elle ne peut servir aux constructions sous l'eau ; elle n'est employée dans la maçonnerie ordinaire qu'à défaut d'autre. Lorsqu'elle est d'un beau blanc, elle sert à la peinture des bâtimens.

Chaux maigre ou moyenne.

70. *Caractères.* Couleur variée. — Prend à la longue un peu de dureté sous l'eau. — N'absorbe

(1) Recherches expérimentales sur les bétons et sur les mortiers ordinaires, pag. 2 et suiv.

qu'une fois et demie son poids d'eau. — Reçoit peu de sable dans la composition des mortiers.

Usage. La chaux maigre, mêlée de sable, donne un mortier qui durcit assez bien à l'air, et qui peut servir aux fondations dans les terrains marécageux.

Chaux hydraulique.

71. *Caractères.* Couleur jaune ou grise cendrée et quelquefois verdâtre. — Durcit promptement sous l'eau.

Usage. Le nom donné à cette chaux indique assez à quel usage on peut la destiner. C'est la chaux hydraulique qui est reconnue la meilleure pour composer la maçonnerie qui doit résister à l'action de l'air et à celle de l'eau.

Causes qui rendent les chaux hydrauliques,

72. Si on veut étudier les causes qui communiquent aux chaux la propriété de se durcir sous l'eau, il faut avoir recours à l'analyse de la pierre : car l'essai de celle-ci (n°. 51) ne sert qu'à faire connaître si une pierre donnera, par sa calcination, une chaux commune ou hydraulique ; le mode analytique à suivre sera le même que celui pour les minerais de fer (1).

Les propriétés des chaux hydrauliques ont été attribuées, par Bergmann, à la présence de l'oxide de manganèse, qui cependant ne s'y trouve jamais

(1) Deuxième partie de ce cahier classique : analyse des minerais de fer.

en grande quantité; et ce chimiste, qui a analysé la pierre à chaux hydraulique de *Léna*, n'y a rencontré que 0,2 de manganèse (1).

La réputation de Bergmann fixa long-temps l'opinion des chimistes sur la cause qui rend la chaux hydraulique; cependant Guiton qui, en l'an VI, fit l'analyse de la chaux de Metz, réputée hydraulique, y reconnut que la quantité d'oxide de manganèse était plus petite que celle des oxides de silicium et d'aluminium, ce qui lui fit soupçonner que ces deux derniers devaient y jouer un rôle important (2), et Saussure vint ensuite appuyer cette conjecture (3).

Malgré les observations de ces savans, l'opinion de Bergmann prévalut jusqu'en 1813, époque à laquelle M. Descostils publia des expériences intéressantes, d'après lesquelles il n'existe plus de doute qu'une pierre qui contient de l'oxide de silicium ne fournisse une chaux hydraulique (4).

Postérieurement à ce travail, MM. *Vicat*, *John*, de Berlin, et *Berthier*, ont publié de nouvelles recherches qui, en confirmant l'opinion de M. Descostils, répandent beaucoup de lumière sur le sujet qui nous occupe; nous donnerons ici un extrait des expériences les plus modernes.

(1) Opuscul., tom. 2, pag. 236.

(2) Analyse de la chaux de Metz: annales de chimie, tom. 37, pag. 259. Rapportée dans le cahier classique sur le cours de construction, pag. 4.

(3) Voyages dans les Alpes.

(4) Journal des mines, 1813.

ANALYSE, par M. Berthier, des Pierres à chaux dont les caractères sont déjà cités (51) et produisant de la chaux

	NON HYDRAULIQUE.		TRÈS- HYDRAULIQUE.	
	Paris.	Voulte.	Metz.	Senon- ches.
Carbonate de calcium, ...	0,985	0,950	0,765	0,800
Carbonate de magnésium, ...		0,013	0,030	0,015
Carbonate de fer, ...		0,015	0,030	...
Carbonate de manganèse, ...			0,015	...
Argile. {	Oxide de silicium, ...		0,116	0,170
	Oxide d'aluminium, ...		0,036	0,010
Argile, ...	0,015	0,022	...	...
Eau, ...				0,010
	1,000	1,000	0,992	1,005

Les analyses modernes prouvent :

1°. Que les pierres qui ne contiennent que très-peu ou point d'oxide de silicium, ne fournissent jamais de chaux hydraulique ;

2°. Que les oxides de manganèse et de fer, ne sont pas nécessaires pour rendre les chaux hydrauliques ; puisque la chaux de Senonches, réputée plus hydraulique que celle de Metz, ne renferme pas ces oxides ;

3°. Que les oxides de magnésium et d'aluminium ne sont point absolument essentiels pour communiquer à la chaux la propriété de se durcir sous l'eau.

Des opérations synthétiques ont prouvé l'exactitude des conclusions déduites de l'analyse, et elles ont fait voir en outre que l'oxide d'aluminium seul n'a pas plus d'efficacité que l'oxide de magnésium ; mais que la présence de celui-ci ne pouvait contribuer à exalter la bonté des chaux qu'en augmentant les proportions de l'argile par rapport à celles du carbonate de calcium ; tandis que l'oxide d'aluminium semblerait jouer un rôle plus important.

D'après ce qui précède, on voit que la propriété hydraulique des chaux doit être attribuée principalement au mélange intime de l'oxide de calcium avec celui de silicium, soit que ce dernier existe seul ou réuni aux oxides d'aluminium, de magnésium, etc. ; mélange qui, dans l'acte de la calcination, forme des composés particuliers qu'on doit considérer comme des *silicates* ou des *sous-silicates*, selon les proportions de l'oxide de silicium dans ses combinaisons.

73. L'analyse de la chaux de Metz conduisit **Guiton** à faire des chaux hydrauliques artificielles pour lesquelles il indiqua deux compositions :

Chaux hydrauliques artificielles.

1°. Argile	4
Oxide de manganèse.....	6
Pierre à chaux commune..	90

Après avoir pulvérisé ces trois substances, on en forme une pâte avec de l'eau, puis des boules que l'on fait cuire. La chaux préparée de cette

manière, peut servir à la composition des mortiers hydrauliques.

2°. Le même chimiste a encore proposé de faire un mélange de chaux grasse vive et de fer carbonaté magnésien (*mine de fer blanche*) (1), composition qu'on traiterait comme la précédente.

M. Vicat, pénétré de l'avantage de posséder un moyen facile pour se procurer, en grand et à volonté, la chaux propre aux constructions hydrauliques, s'est livré à des recherches dont les résultats sont de la plus haute importance pour les constructeurs. Cet ingénieur a prouvé que les chaux communes pouvaient passer à l'état de chaux hydrauliques, en les faisant éteindre à l'air pour les diviser, puis en mélangeant leur poussière avec de l'argile ordinaire, et en opérant la cuisson du mélange.

Par ce travail, fait à Paris, M. Vicat a obtenu une chaux hydraulique factice, supérieure à la chaux de Metz.

Les proportions les plus favorables d'argile sont :

Pour les chaux	{	communes très-grasses. 0,20
		moyennes..... 0,15
		faiblement hydrauliq. 0,06 (2).

(1) Composé ordinairement
des oxides de

{ fer,
manganèse,
magnésium,
calcium,
silicium.

(2) L. J. Vicat, ouvrage cité pages 7 et suivantes.

On fabrique maintenant, à Paris, une chaux hydraulique, employée dans les constructions publiques; elle est composée ainsi qu'il suit :

Craie de Meudon	4.	} Parties en volume (1).
Argile de Passy	1.	

Ce mélange calciné est préférable à la chaux de Senonches (M. Berthier).

74. L'extinction de la chaux s'opère, sur l'atelier même de construction, par trois procédés différents : Extinction
de la chaux.

1°. Par arrosage et trituration.

2°. Par immersion.

3°. Par l'air ou spontanée.

Par le premier procédé, la chaux vive, placée sur le sol, est arrosée avec la quantité d'eau qui est nécessaire pour la faire fondre; puis on la retourne au rabet, afin que toutes les molécules soient pénétrées d'eau et bien divisées. Ce procédé est généralement suivi.

Le deuxième mode d'extinction consiste à concasser la chaux vive, à la grosseur d'un œuf; on en remplit ensuite de petits paniers d'osier qu'on introduit dans l'eau; on l'y laisse jusqu'à ce que le dégagement d'un grand nombre de bulles annonce l'imbibition parfaite. Alors la chaux est placée dans un cuvier; là, elle s'échauffe, dégage

(1) Etablissement de M. St. Leger, près du pont de l'école militaire.

l'eau qu'elle avait absorbée, et finit par se réduire en poussière.

Ce procédé est celui que *Lafaye* publia en 1777. On peut considérer ce mode d'extinction comme très-bon, dans quelques circonstances, et cependant il n'est pas employé, sans doute, parce qu'il exige plus de frais que le précédent.

Voyez les détails pratiques donnés par l'auteur (1).

Le troisième procédé d'extinction s'exécute en exposant la chaux à l'air ; là, elle absorbe en partie l'humidité et l'acide carbonique qu'elle avait perdus, et se réduit en une poussière qu'il faut employer de suite.

Cette dernière manière d'éteindre la chaux a toujours été réputée mauvaise, en ce qu'elle la prive d'une partie de sa causticité : ce mode d'extinction est peu ou point employé ; mais nous prouverons plus tard qu'il ne doit pas être négligé.

Des mortiers. 75. La chaux et la silice ont la propriété de s'unir, soit par la voie sèche, soit par la voie humide. Un mélange de ces deux substances et d'eau, prend, avec le temps, de la consistance, et forme le composé connu sous le nom de *mortier*.

Sable. 76. Les constructeurs sont peu d'accord sur le choix qu'on doit faire des sables pour composer les mortiers : les uns donnent la préférence à celui des rivières, les autres indiquent le sable de carrières ; et, dans ces derniers temps, on a recommandé

(1) Journal de physique, 1777, tom. 9, pag. 437.

l'emploi des sables rouges bien ferrugineux , sans doute par suite d'une fausse théorie.

Ces contradictions disparaissent par les expériences de M. Vicat , dans lesquelles il considère l'action des sables quartzeux sous trois états différens :

- 1°. Sable gros et anguleux.
- 2°. Sable à grains inégaux.
- 3°. Sable fin à grains homogènes.

Il résulte des expériences de M. Vicat :

- 1°. Que le gros sable anguleux convient pour composer le mortier à chaux grasse.
- 2°. Que le sable à grains inégaux est propre aux chaux qui ne sont ni grasses ni maigres.
- 3°. Que les sables pourvus d'homogénéité , et dont les grains sont fins , ne conviennent qu'aux chaux très-maigres.

77. Le sable peut être remplacé par diverses substances , comme les vitrifications des fourneaux de fonderies ; les laitiers et les mâchefers des forges , les cailloux brisés , la pierre pilée , les gravois de démolitions , les bazaltes , la pouzzolane , et autres produits volcaniques , la houille , la cendrée de Tournay , les grès quartzeux , les argiles et les schistes cuits. Ces deux dernières substances ne doivent jamais être trop cuites ; le degré de cuisson qu'elles doivent subir ne doit pas excéder celui que reçoit la brique ordinaire. Toutes ces matières sont employées seules ou mélangées avec le sable.

Des remplaçans
du sable.

- 78. Les remplaçans du sable changent les qua-

Composition
des mortiers.

lités des mortiers qui en sont formés, ils font varier leur destination et leur font donner des noms particuliers; en sorte que la dénomination *de mortier* peut être regardée comme générique, pour désigner des composés de deux ou d'un plus grand nombre d'oxides, ayant essentiellement la chaux caustique pour base.

La composition des mortiers a singulièrement varié; on en trouve un grand nombre dans les auteurs qui ont écrit sur les constructions; nous citerons les principales préparations.

Mortiers ordinaires.

79. On nomme mortiers ordinaires ceux qui sont formés de chaux et de sable; on leur donne aussi le nom de *Mortiers blanches*, pour les distinguer de ceux colorés par l'addition des corps brûlés qui remplacent le sable; leur préparation est si connue que nous nous dispenserons de la décrire.

Mortier Lorient.

80. Pour augmenter la solidité des mortiers, Lorient proposa en 1775, d'introduire dans les mortiers ordinaires, un quart de chaux vive, pulvérisée, et de bien opérer le mélange (1).

Mortier Lafaye.

81. Les résultats obtenus par Lorient engagèrent Lafaye à faire de nouvelles expériences; et, en 1777, il publia une composition qui ne diffère du mortier ordinaire que par la manière d'éteindre la chaux, opération qui se fait par immersion (2).

Mortiers hydrauliques.

82. Les mortiers hydrauliques sont des com-

(1) Journal de physique, tom. 3, pag. 233.

(2) Idem, tom. 9, pag. 437.

posés destinés à construire sous l'eau, et qui jouissent de la propriété de devenir solides presque instantanément ; ces mortiers prennent aussi le nom de *béton*, lorsqu'on y introduit, à l'instant de les couler, des cailloux ou des recoupes qui s'opposent au retrait. La composition des mortiers hydrauliques varie selon la nature de la chaux : si, par exemple, on emploie des chaux hydrauliques, le sable seul sera ajouté ; mais, si on fait usage de chaux commune, on mêlera au sable des produits fossiles qui ont subi l'action du feu, et dans lesquels l'alumine et la silice se rencontrent.

83. Le mortier, dans lequel le sable est rem- Mortier-ciment.
placé par l'argile cuite ou autres corps brûlés et tamisés, porte le nom de *ciment* ou de *mortier-ciment* ; ce composé est un béton que l'on emploie avec succès pour enduire les fonds des bassins destinés à contenir l'eau ou pour boucher les joints dans les conduits.

Pour procurer au mélange toute la qualité désirée, il faut employer peu d'eau, et le corroyer avec soin.

Il importe d'observer que la brique pilée (ciment) ne doit avoir subi qu'une cuisson ordinaire ; ce fait est appuyé par les expériences de M. Vicat, qui prouvent que l'énergie de l'argile cuite diminue à mesure qu'elle approche de l'état de vitrification (1).

(1) Recherches sur les mortiers, etc, pag. 37 et 38, tab. n°. 4.

Mortier-plâtre. 84. On a donné le nom de *mortier-plâtre*, à une chaux qui a la propriété de faire corps dans l'air et sous l'eau, avec autant de promptitude que le plâtre gâché; on l'a aussi nommée *plâtre-ciment*, *ciment de Boulogne* ou *plâtre de Boulogne*. Cette substance n'est qu'une chaux hydraulique, résultant de la calcination de galets que l'on rencontre sur les bords de la mer, dans les environs de Boulogne.

On trouve aussi, en Angleterre, des pierres qui jouissent des mêmes propriétés que celles de Boulogne: on les nomme *pierres à ciment romain*; on les rencontre abondamment, sous forme tuberculeuse, dans les terrains marneux.

La composition chimique de ces deux sortes de pierres diffère peu, comme le prouve l'analyse.

ANALYSE de la Pierre

	d'Angleterre, M. Berthier.	de Boulogne, M. Despiers.
Carbonate de calcium, . . .	0,657.	0,616.
Carbonate de magnésium, .	0,005.	
Carbonate de fer, ...	0,060.	0,060.
Carbonate de manganèse, . .	0,019.	
Argile. {	Oxide de silicium, 0,180.	0,150.
	Oxide d'aluminium, 0,066.	0,048.
	Oxide de fer, ...	0,030.
Eau, ...	0,013.	0,066.
	1,000.	0,970.

Influence des divers agens sur les mortiers. 85. Les bonnes ou les mauvaises qualités des mortiers peuvent dépendre d'un grand nombre

de circonstances, qui sont quelquefois difficiles à saisir.

La nature de la chaux employée, sa qualité, son mode d'extinction, l'état du sable, la nature des matières qui le remplacent, le mode de préparation du mélange, sa dessiccation plus ou moins prompte, et la température à laquelle sont exposés les bétons, sont autant de causes principales qui influent sur la ténacité et la dureté des mortiers.

86. Les anciens pensaient que la solidification des mortiers était due à la cristallisation de la chaux, par la combinaison de l'acide carbonique et de l'eau, cristallisation qui enchaînait les molécules du sable. Théorie du durcissement.

A l'époque où l'analyse prouva que la chaux des mortiers les plus vieux ne contenait que la moitié de l'acide carbonique qu'on rencontre dans les carbonates calcaires, cette première hypothèse devint douteuse ; et aujourd'hui on considère que, si l'acide carbonique a une action favorable sur les mortiers, ce n'est que sur la surface de ceux qui sont toujours humides, comme les murs des caves, effet qui ne peut pas être attribué à la cristallisation.

La solidification, dans les mortiers hydrauliques, s'opère facilement, et par des causes qui ont long-temps échappé aux recherches des savans ; la chaux qui entre dans les mortiers, est toujours le résultat d'une combinaison préalable des oxides de calcium, de silicium et d'aluminium, combinai-

son qui jouit de la propriété de favoriser, par l'eau, l'affinité du sable ou des matières ajoutées pour former des bétons solides.

Dans les mortiers ordinaires, la combinaison de la chaux et de la silice devient difficile avant la dessiccation; et la solidité de ces mortiers, toujours moindre que celle des bétons, doit être attribuée à plusieurs causes dont les principales résident dans les manipulations : telles sont les idées de M. Vicat.

La principale cause de la solidification des mortiers est attribuée, par M. John, à la propriété absorbante que possèdent les corps ajoutés à la chaux dans la composition; tels que le sable, le ciment ou argile cuite, la pouzzolane, etc.; bien que cette dernière opinion semble prévaloir, on peut dire, avec M. l'ingénieur Berthier, que la théorie des mortiers est encore très-imparfaite.

Influence
des trois modes
d'extinction.

87. L'extinction de la chaux faisant partie de la préparation des mortiers, il est évident qu'elle doit influencer sur leur qualité.

Dans ses recherches, aussi curieuses qu'intéressantes, sur les mortiers, M. Vicat nous a présenté les résultats d'une suite d'expériences sur l'emploi de la chaux éteinte par les trois procédés : cet ingénieur fit préparer, avec des hydrates de chaux, et avec des mortiers, des prismes quadrangulaires, pour la composition desquels la chaux avait été éteinte par les trois manières différentes.

Ces prismes furent ensuite essayés sous le rapport de la ténacité et de la dureté.

Les résultats, rangés par ordre de supériorité, furent les suivans :

- | | | | | |
|----|---|---|---|--|
| A. | { | Extinction ordinaire.
Extinction spontanée.
Extinction par immersion. | } | Pour les hydrates de
chaux commune, et mor-
tier commun dans l'air. |
| B. | { | Extinction ordinaire.
Extinction par immersion.
Extinction spontanée. | } | Pour les hydrates de
chaux hydraulique, et
mortier hydraulique. |
| C. | { | Extinction spontanée.
Extinction par immersion.
Extinction ordinaire. | } | Pour les bétons com-
posés avec de la chaux
commune, grasse, maigre
et hydraulique. |

Les résultats A et B doivent être attribués à la grande division de la chaux qui favorise l'attraction chimique des molécules.

Les résultats C sont dus à ce qu'une extinction incomplète donne naissance à une augmentation de volume sous l'eau, dilatation qui comprime le béton et lui donne une prompte solidité.

L'extinction spontanée, qu'on regardait comme très-nuisible à la bonté des mortiers, ne peut l'être que dans un petit nombre de cas; et même la chaux grasse, traitée par ce mode, gagne la propriété hydraulique.

88. Les mastics sont des cimens particuliers employés pour couvrir les terrasses, revêtir les citernes, boucher les joints dans les conduits, dans les chaudières et les machines à vapeur.

Des mastics.

On donne encore le nom de mastic à des lûts dont on fait usage pour coller certains ouvrages, ou pour réparer les défauts du bois dans la menuiserie et l'ébénisterie.

Mastic
d'asphalte.

89. L'*asphalte* ou *bitume de Judée* est une substance naturelle, d'une couleur noire, à cassure vitreuse, il est combustible. On rencontre ce bitume, comme le *naphte* ou *pétrole*, la *poix minérale*, dans les terrains volcaniques, d'où on l'extrait pour le mettre dans le commerce.

Usage. On fait, avec l'asphalte, des mastics qui prennent les noms de *mortiers asphaltiques* et de *mastic de Lobson*, dont les usages sont très-nombreux ; mais les plus importants sont de former des enduits pour s'opposer à l'infiltration dans les bassins, dans les aqueducs, dans les caves et les fosses d'aisances ; on en couvre encore les terrasses qui servent de toiture aux maisons ; enfin on l'emploie comme enduit conservateur pour les bois qui sont exposés aux injures de l'air.

Mode de préparation. On fait fondre l'asphalte dans une chaudière de fonte, en ayant soin de couvrir ce vase et de le chauffer graduellement ; puis on y ajoute du calcaire pulvérisé ou du sable, addition qui communique au bitume une dureté plus grande, et diminue sa combustibilité ; on opère le mélange exactement, et la composition est prête à être employée.

Mode d'application. Si on destine le mastic à boucher des joints ou des crevasses dans des bassins ou réservoirs, on pique la pierre ou le mor-

tier, puis on répand à la pelle creuse la composition encore chaude, et on en polit la partie supérieure avec un fer chaud.

Lorsqu'on se propose de couvrir de grandes surfaces planes, on accélère le travail en coulant la matière dans des moules qui lui font prendre la forme de tablettes rectangulaires de 0^m,02 d'épaisseur : les tablettes obtenues, toute l'opération se réduit à bien dresser la surface qu'on veut couvrir, à placer les tablettes les unes à côté des autres, et à souder les joints par le secours du fer chaud.

C'est ainsi qu'on procède à Bordeaux pour couvrir les maisons surmontées d'un jardin ou d'un réservoir.

90. Il existe encore un grand nombre de compositions de mastics pour les joints, les terrasses, etc.; mais il n'en est aucune qui puisse jouir des avantages que présente la suivante :

Mastic pour joints, terrasses et citernes.

Composition. { Ciment ou briques pulvérisées. . . 93
Litharge (protoxide de plomb). . 7

Mode de préparation. Les deux matières, en poudre fine, sont mélangées et humectées avec de l'huile de lin ou de noix, pour en former une bouillie épaisse; puis on bat fortement ce composé.

Mode d'application. L'emploi de cette espèce de ciment est le même que celui du ciment ordinaire; mais, avant de l'appliquer, il est indispensable de mouiller les parties qui doivent en être recouvertes : sans cette précaution, la pierre absorbe l'huile et le mastic se détruit.

Si la dessiccation s'opère promptement, le mastic se couvre de gerçures ; on les répare facilement avec la même composition, un peu ferme.

Mastic pour les pompes à feu.

91. Lorsqu'on assemble des cylindres en fonte et autres parties des machines à vapeur, on a besoin d'un mastic qui puisse résister à l'action de l'eau bouillante et à la force expansive de la vapeur ; ces propriétés se rencontrent dans le mastic qui suit :

Composition	{	Limaille de fer non oxidé	26 parties.
		Muriate d'ammoniaque	2
		Soufre sublimé	1

Mode de préparation. On opère, par trituration, le mélange exact de ces trois substances bien desséchées ; la poudre qui en résulte est conservée, exempte d'humidité, pour s'en servir au besoin.

Mode d'application. On forme, avec le mélange et de l'eau, une bouillie qu'on applique sur les joints avec une spatule ; bientôt ce mastic prend de la consistance, et fait corps avec la fonte.

Mastic des chaudronniers.

92. Les chaudronniers font usage d'un mastic particulier pour couvrir les rivets et les jointures des feuilles de cuivre, dans la construction des grandes chaudières.

Composition	{	Chaux vive pulvérisée.
		Sang de bœuf.

Mode de préparation. On pulvérise la chaux à l'état caustique, on la passe au tamis, puis on en forme une pâte molle avec le sang.

Mode d'application. Ce mastic doit être em-

ployé aussitôt qu'il est préparé; on l'applique à la main, et, de suite, il prend consistance.

93. Le mastic dont se servent les vitriers se compose avec du blanc d'Espagne et de l'huile de lin; on réunit ces deux substances, dans des proportions convenables, pour en faire un mélange qui doit avoir la consistance d'une pâte ferme, que l'on rend homogène par un grand nombre de coups *de rouleau*. Ce mastic a la propriété de se durcir en peu de jours; lorsqu'on en prépare par provision, il faut n'y introduire que de l'huile ordinaire.

Mastic des
vitriers.

On applique ce mastic au couteau; avant de l'employer, on le malaxe pour l'amollir.

Les peintres font usage du mastic des vitriers, pour boucher les défauts du bois qui doit recevoir la peinture à l'huile.

DEUXIÈME PARTIE.

CHAPITRE PREMIER.

ART D'EXTRAIRE LE FER.

SIXIÈME LEÇON.

Division minéralogique des minerais de fer. —

Synonymie. — Caractères. — Gissement et localités. — Usage particulier. — Essais par voie sèche

et par voie humide. — Moyens pour connaître

d'avance la qualité des fontes. — Mode analyti-

que des minerais. — Traitement métallurgique.

— Triage. — Lavage. — Grillage et bocardage.

94. **L**E fer est, de tous les métaux, celui qui est le plus abondamment répandu dans la nature, comme il est aussi celui qui offre le plus grand nombre de variétés.

*Division
minéralogique.*

Il existe beaucoup de méthodes de classemens pour les minerais de fer, et il n'en est aucune qui soit adoptée préférentiellement. Nous avons cru devoir en proposer une, dans laquelle le nom de l'espèce sera entièrement chimique, et celui de la

sous-espèce sera pris dans les noms les plus connus. Tous les minerais de fer exploités peuvent trouver place dans cette nouvelle nomenclature binome, avantage que ne présentent pas les anciennes.

PREMIÈRE ESPÈCE.

Fer natif.

95. L'existence du fer natif n'est pas encore généralement reconnue; celui auquel on donne ce nom se rencontre sous deux états.

1^{re}. SOUS-ESPÈCE.

Fer natif en filons.

96. *Caractères.* Affecte la forme de stalactites rameuses. — Enveloppé d'oxide de fer, d'argile et de quartz.

Le fer natif en filons est très-rare.

Gissement et localités. On le trouve à la montagne d'Oulle; près de Grenoble, et à Kamsdorf en Saxe: dans ce dernier endroit, le fer carbonaté et la barite sulfatée l'accompagnent.

2^e. SOUS-ESPÈCE.

Fer natif en masse isolée.

97. *Caractères.* Attrable à l'aimant. — Examiné à la loupe, il est cellulaire. — Contient une matière vitrifiée.

Gissement et localités. Découvert par Pallas, en Sibérie, près du fleuve Enisséi; au Mexique, près de Toluca, par M. Humboldt; et en Afrique, par Vallérius.

On doit rapporter à cette sous-espèce les pierres qui tombent de l'atmosphère, et qui sont connues sous les noms de *bolides*, *aérolithes*, *uranolithes*, *météorolithes*, etc. ; toutes ces pierres, comme le fer natif en masse isolée, ont une composition et une origine semblable (1), origine que M. le comte de Rasoumowski prouve appartenir aux volcans (2).

DEUXIÈME ESPÈCE.

Fer deutoxydé.

98. *Aimant*. Bergmann. Tom. 2, p. 156. *Synonymie.*
Fer noir phlogistiqué. Borner . . Tom. 2, p. 259.
Fer magnétique. Brochant. Tom. 2, p. 235.
Ethiops Martial natif. De Lisle. Tom. 3, p. 176.
Fer oxydulé. Haüy Tom. 4, p. 10.

Caractères. Action marquée sur le barreau aimanté. — Couleur d'un gris sombre. — Raclure noire. — Forme primitive, l'octaèdre régulier. Pes. spécif., 4,24.

Gissement et localités. On trouve cette espèce à Dannemora, en Suède; en Sibérie, en Corse et en France, près de la ville du Puy, ainsi qu'en Languedoc.

Usage. Cette espèce fournit le fer le plus estimé : c'est avec elle qu'on forme les aimans naturels qui jouissent d'une grande polarité.

TROISIÈME ESPÈCE.

Fer tritoxidé.

99. Tous les minerais de fer, qui donnent par

(1) Travail de M. Laugier. *Ann. de Chimie*, vol. 58, pag. 261.

(2) Journal de physique, etc. Avril 1821.

la raclure une poussière rouge, sont des fers tritoxidés; nous en établirons quatre sous-espèces.

1^{re}. SOUS-ESPÈCE.

Fer tritoxidé, oligiste.

- Synonymie. 100. *Minera ferri grisea*. Vallerius. . . Tom. 2, p. 239.
Mine de fer spéculaire. Borner. . Tom. 3, p. 186.
Mine de chaux de fer. Bergmann. Tom. 2, p. 162.
Fer oligiste. Haüy Tom. 4, p. 38.

Caractères. Action peu sensible sur le barreau aimanté. — Cristaux dérivés d'un rhomboïde un peu aigu. — Surface des cristaux irisée. — Cassure d'un gris d'acier.

Gissement et localités. Les mines de fer de l'île d'Elbe sont composées entièrement de fer tritoxidé oligiste. — Les mines de Framont (*Vosges*) fournissent également cette espèce; mais particulièrement la variété de fer oligiste trapézien de Haüy.

2^e. SOUS-ESPÈCE.

Fer tritoxidé hématite.

- Synonymie. 101. *Ferrum ochraceum mineralisatum*,
 etc. Vallerius Tom. 2, p. 244.
Mine de chaux de fer en héma-
tite. Bergmann Tom. 2, p. 163.
Hématite. Borner. Tom. 2, p. 237.
Hématite rouge. Brochant. . . . Tom. 2, p. 254.
Fer oxidé hématite. Haüy. . . . Tom. 4, p. 105.
Fer oxidé rouge hématite.

M. Brongniart. Tom. 2, p. 164.

Caractères. Couleur et poussière rouges. — Tissu

fibreux. — Quelquefois divisible comme le bois qui s'éclate — Fibres partant du centre à la circonférence. — Acquiert le magnétisme et l'état métallique, par le frottement d'un corps dur.

Pes. spécif., 3,8 à 4,8.

Gisement et localités. Le fer tritoxidé hématite se rencontre tantôt en couches, tantôt en filons; il est très-commun en Allemagne et en Sibérie; il est moins abondant en France. On le trouve à Rothau et à Framont (*Vosges*); à Vicdessos (*Arriège*); et à Bergzabern (*ancien département du Bas-Rhin*).

Usage. Cette sous-espèce est l'objet de beaucoup d'exploitations importantes; elle fournit un fer très-estimé; sa dureté est telle qu'elle peut remplacer l'acier pour les brunissoirs.

3^e. SOUS-ESPÈCE.

Fer tritoxidé compacte.

102. *Mine de fer rouge compacte.* Brochant. Tom. 2, p. 251.

Synonymie.

Fer oxidé rouge compacte. Brong. Tom. 2, p. 265.

Caractères. Diffère de la précédente en ce qu'elle est composée de feuillets. — N'est jamais fibreuse. — Plus difficile à fondre. Pesant. spécif. 5,0.

Gisement et localités. On trouve cette sous-espèce sur les bords de la Moselle, près de Dizen.

4^e. SOUS-ESPÈCE.

Fer tritoxidé aluminifère.

103. *Ferrum ochraceum argillaceum rubica.* Brochant. Tom. 2, p. 271.

Synonymie.

Argile ocreuse rouge graphite.

Haüy. Tom. 4, p. 445.

Fer oxydé rouge ocreux. Brong. Tom. 2, p. 165.

Caractères. Structure schisteuse ou conchoïde. — Texture compacte. — Gras au toucher. — Aspect terreux. — Couleur d'un rouge de brique. — Hap-
pant à la langue. — Laissant sur le papier des traces de sa couleur lorsqu'on l'y frotte.

Gissement et localités. On trouve cette sous-
espèce près de Chimay (*Ardennes*); à Tholey (*an-
ciennement département de la Sarre*), et près de St.-Imbert,
même département.

Usage. On exploite ce minéral pour en obtenir le
métal; la variété graphique est employée à faire des
crayons rouges pour le dessin; on la divise à la
scie: mais ces crayons sont graveleux, ce qui rend
leur emploi peu facile. Pour obtenir des crayons
moelleux, on fait subir au minéral une préparation
particulière (1).

QUATRIÈME ESPÈCE.

Fer carbonaté.

104. Nous donnerons ce nom aux minerais com-
pris dans cette quatrième espèce, parce que cette
expression est plus conforme aux élémens qui les
constituent, comme le prouve l'analyse chimique.

1^{re}. SOUS-ESPÈCE.

Fer carbonaté magnésien.

Synonymie.

105. *Minera ferra alba.* Vallerius. . . Tom. 2, p. 251.

Pierre d'acier. Bergmann. Tom. 2, p. 174.

(1) Encyclopédie (chimie), tom. 4, pag. 80.

Minéralogie appliquée aux arts de M. Brard, tom. 2, p. 447.

Mine de fer spatique. De Lisle. . . Tom. 2, p. 281.

Fer minéralisé par l'acide car-

bonique. Daubenton. Tabl. p. 48.

Chaux carbonatée ferrifère. Haüy. Tom. 2, p. 175.

Caractères. Forme et couleur des chaux carbonatées. — Plus dur que la chaux carbonatée. — Légère effervescence avec les acides. — Exposé au feu, il devient noir et attirable. — Pes. spécif. 3,67.

Gissement et localités. On rencontre ce minéral dans les terrains primitifs; à *Baygory* et à *Mongelon* (Basses-Pyrénées); à *Allevard*, à *Vizille* et à la montagne de la *Citre* (Isère); à la montagne de *Rancié* (Pyrénées orientales); à *Arzberg* et à *Admont*, en Styrie.

2°. SOUS-ESPÈCE.

Fer carbonaté houiller.

106. La sous-espèce dont il va être question, quoiqu'assez répandue, et même traitée depuis long-temps en Angleterre, n'a été examinée en France que depuis peu d'années; les minéralogistes qui en ont parlé, l'ont confondue avec d'autres minerais, sous les noms de *grès ferrifère*, *fer bitumineux*, etc. Synonymie.

On doit à M. *Gallois*, ingénieur des mines, un nouveau travail sur cette substance qu'il nomme *minéral de fer des houillères* ou *fer carbonaté lithoïde* (1).

Caractères. Gris noirâtre ou bleuâtre. — Cas-

(1) Annales des mines, tom. 3, 4^e. liv., pag. 517.

sure terreuse ou quartzeuse. — Raclure brune ou bitumineuse. — Exposé à l'air, il s'hydrate. — Pcs. spécif. 0,24 à 0,36.

Gissement et localités. On le trouve dans les houillères d'Angleterre et de France. Il en existe à *Mouillon*, à *Rive-de-Gier* (Loire); et à *Anzin* (Nord). Enfin, M. l'ingénieur Baunier l'a rencontré, en grande quantité, sur les bords de la *Sarre*.

CINQUIÈME ESPÈCE.

Fer hydraté.

107. *Caractères.* Presque tous les minerais que l'on trouve dans les terrains de formation moderne sont hydratés; ils donnent, par la raclure, une poussière d'un jaune plus ou moins foncé, couleur qu'ils doivent à la présence de l'eau qui y entre ordinairement pour 0,10 à 0,20 (1). Nous en formerons six sous-espèces.

1^{re}. SOUS-ESPÈCE.

Fer hydraté siliceux.

Synonymie.

108. *Minera ferri subaquosa amorph.*

Vallerius. Tom. 2, p. 256.

Fer oxidé rubigineux. Haüy. . . . Tom. 4, p. 107.

Caractères. Brun ou jaunâtre. — Rude au toucher. — Cassure grénue. — De l'état brun passant au jaune en absorbant de l'eau. — Très-fusible. — Contenant de l'acide phosphorique.

Gissement et localités. Ce minéral se rencontre dans les terrains secondaires, dans beaucoup de

(1) M. l'ingénieur *Daubisson*. *Annal. de chimie*, tom. 75, pag. 255.

départemens, et en grande quantité dans celui de la Moselle, à Hayange et à Moyeuve.

2^e. *Sous-espèce.*

Fer hydraté hématite.

109. *Hématite brune.* Brochant. . Tom. 2, p. 261. Synonymie.

Fer oxidé brun. M. Brongniart. . . Tom. 2, p. 168.

Caractères. Raclure jaune plus ou moins foncée. — Jamais rouge comme celle des fers tritoxidés hématites (101). — Tissu fibreux. — Fournissant de l'eau à la distillation.

Gissement et localités. Le fer hydraté hématite se rencontre dans plusieurs départemens. A Creutzwald (Moselle), il fournit un fer très-estimé.

3^e. *Sous-espèce.*

Fer hydraté compacte.

110. *Hématites nigrescens solidus.* Vall. Tom. 2, p. 244. Synonymie.

Mine de fer, brune compacte.

Brochant. Tom. 2, p. 259.

Fer oxidé, rubigineux, massif. .

Hauy. Tom. 2, p. 108.

Fer oxidé, brun compacte. . .

M. Brongniart. Tom. 2, p. 168.

Caractères. Sans formes cristallines. — Brun plus ou moins foncé. — Cassure compacte. — En masse ou sous forme imitative.

Gissement et localités. On rencontre ce minéral en filons ou en grandes masses dans l'argile ou le calcaire : il existe en Allemagne, en Saxe et en France. Les minerais d'Aumetz et de St.-Pancré (Moselle), doivent être rapportés à cette sous-

espèce; ils forment des mines très-importantes dans ces deux endroits.

4°. *SOUS-ESPÈCE.*

Fer hydraté géodique.

Synonymie.

111. *Cérites*, Vallerius. Tom. 2, p. 614.

Fer limoneux, en masse sphé-

roïdale. Borner. Tom. 2, p. 283.

Cérite ou pierre d'Aigle. De Lisle. Tom. 3, p. 300.

Fer réniforme. Brochant. Tom. 2, p. 278.

Fer oxydé géodique. Haüy. Tom. 4, p. 107.

Caractères. En géode sphérique, ovoïde ou en partie curviligne. — En croutes ou enveloppes composées de couches brunes. — Les géodes quelquefois vides ou remplies d'oxide d'aluminium.

Gissement et localités. Cette sous-espèce est disposée par couches dans les terrains secondaires. — On la trouve dans le département du Cher et dans celui de la Moselle.

5°. *SOUS-ESPÈCE.*

Fer hydraté globuliforme.

Synonymie.

112. *Fer pisiforme* de Kirwan. Tom. 2, p. 178.

Fer limoneux ou globules. Borner Tom. 2, p. 231.

Fer argileux grenu ou lenticu-

laire. Brochant. Tom. 2, p. 274.

Oolites. De Lisle. Tom. 2, p. 300.

Fer oxydé rubigineux globuli-

forme. Haüy. Tom. 4, p. 108.

Caractères. Globules sphériques ou lenticulaires. — Raclure jaune composée de couches concentriques. — Grosseur depuis celle d'un grain de

navette jusqu'à celle d'une balle de munition. — Quelquefois engagés dans une pâte et formant masse.

Gissement et localités. Déposé, en bancs ou couches, dans les terrains secondaires. — On le trouve dans les départemens du Cher, de l'Eure, de l'Indre, de la Côte-d'Or et de la Haute-Marne.

6^e. *SOUS-ESPÈCE.*

Fer hydraté ocreux.

113. *Argile martiale.* Berner. . . . Tom. 1, p. 227. Synonymie.

Le bol. Brochant. Tom. 1, p. 459.

Argile ocreuse. Haüy. Tom. 4, p. 445.

Fer limoneux, fer argileux, ocre jaune,
noms vulgaires.

Caractères. Couleur jaune, tachant les doigts. — Friable. — Léger. — Happant à la langue. — Contenant 0,20 d'eau (1).

Gissement et localités. On le trouve en couche peu épaisse à St.-Georges, à Morague (*Cher*), à Bitry et à Argenton (*Nièvre*), à Taunay (*Seine et Marne*), à St.-Pourrain (*Yonne*), etc.

Usage. Employé comme fondant, forme une branche de commerce importante en France, où il est connu sous le nom d'*ocre jaune*. On en fait une grande consommation dans les manufactures de papiers de tapisserie, ainsi que dans la peinture des bâtimens. — L'ocre jaune calciné passe au rouge, et porte le nom impropre d'*ocre rouge*. — Dans cet état il est employé aux mêmes usages.

Tels sont les minerais de fer susceptibles de pro-

(1) Annales de chimie, tom. 75, pag. 225.

curer le métal ; l'étude en paraît aride et même rebutante au premier aspect, ces minerais étant amorphes pour la plupart ; mais lorsqu'on les a souvent maniés et comparés, l'examen en devient agréable, parce qu'on pénètre les moyens que la nature a employés pour former et modifier ces précieux et abondans matériaux.

Essai
métallurgique.

114. Un essai métallurgique ou docimastique est une opération que l'on fait en petit, pour connaître la quantité de métal contenue dans un minéral ; on y procède de deux manières : par voie sèche et par voie humide.

Voie sèche. La réduction de l'oxide de fer, et la fusion des oxides étrangers qui forment la gangue, constituent tout le travail. Pour atteindre ce double but, on emploie un fondant composé de charbon et de matières très-fusibles. Ce fondant porte le nom de *flux-réductif* ou *flux-noir* ; il existe un grand nombre de ces compositions qui sont également bonnes (1).

Quelquefois les oxides qui composent les gangues, entrent en fusion à une haute température ; souvent il ne faut ajouter qu'un oxide pour déterminer la fusion. Un fondant n'est donc nécessaire que lorsque la gangue du minéral est réfractaire ; mais la présence du charbon est indispensable pour opérer la désoxidation du fer.

Travail. Pour procéder à l'essai, on choisit du minéral pauvre et du minéral riche ; on les pul-

(1) Expériences faites à l'école des mines de Moutiers, sidérotechnie, tom. 1^{re}, pag. 139.

vérisé, on en pèse 10 grammes qu'on mêle avec du charbon; on y ajoute un fondant, si cela est nécessaire. On introduit le mélange dans un creuset brasqué; on le recouvre de charbon, puis de terre ou de sable; on porte le tout à une forge de maréchal ou dans un fourneau à vent; on le maintient au blanc pendant une heure et demie, puis on cesse le feu; on retire le creuset encore blanc, on le tasse légèrement pour rassembler en un seul point les molécules de fer réduit; après le refroidissement, on casse le creuset, et on trouve un bouton métallique ou *culot*, dont le poids indique la quantité de fonte que peuvent fournir les dix grammes de minerais soumis à l'essai (1).

115. *Moyen pour connaître d'avance les qualités des fontes.* Le mode d'essai qui précède peut offrir une application utile pour connaître, jusqu'à un certain point, les minerais qui peuvent donner des fontes de bonnes ou de mauvaises qualités, et permettre aux officiers attachés aux forges de faire diminuer ou rejeter, même du haut-fourneau, les minerais qui fourniraient des mauvais fers, et d'améliorer, par cette connaissance, la qualité du métal.

Pour procéder à cette recherche, il faudra opérer sur 60 à 80 grammes; le creuset devra avoir un volume proportionné à celui du mélange, et le foyer de la forge du maréchal devra recevoir une

(1) Art des essais, par Cremer, tom. 3.

Fonte des mines, par Hellot, tom. 1.

disposition particulière, pour augmenter et pour conserver l'intensité du calorique nécessaire à cette opération.

Pour examiner la nature de la fonte du eulot, après avoir laissé refroidir lentement le creuset, on en sortira le bouton que l'on cassera sur l'enclume à coups de marteau : si la matière se disperse en éclats nombreux, on doit en conclure que la fonte est de la plus mauvaise qualité, et que le fer qui en proviendra sera probablement de qualité médiocre.

Si les fragmens, examinés à la loupe présentent dans leur cassure un grain fin, serré, d'une couleur grise, et que d'ailleurs le morceau se laisse attaquer à la lime, on peut être assuré que la fonte sera de première qualité, et que les fers forgés qu'elle fournira seront également bons.

Voie humide. Par la voie humide, on emploie le secours des acides, et particulièrement de l'hydro-chlorique. Le métal dissous est ensuite précipité, soit par l'ammoniaque, soit par l'un des oxides de potassium ou de sodium. Si, de l'oxide de fer obtenu on retranche le poids de l'oxygène, la différence indiquera la quantité de métal pur contenue dans l'échantillon soumis à l'essai.

Lorsque le minéral renferme des oxides solubles dans l'acide hydro-chlorique, comme ceux d'aluminium et de manganèse, ils se précipitent avec le fer; leur séparation complique le travail, et l'essai devient une analyse : on parviendra à isoler ces oxides par les moyens indiqués ci-après.

116. Le minéral de fer que l'on exploite pour se procurer le métal n'est jamais à l'état de pureté ; les substances qui l'accompagnent sont ordinairement des corps brûlés au nombre de cinq ; savoir :

Mode
analytique.

Oxide de silicium.

d'aluminium.

de calcium.

de manganèse.

de magnésium.

A. Si le minéral est un hydrate, ou s'il contient du soufre ou de l'arsenic, il faudra constater la perte qu'il éprouvera au feu. Cette opération est simple : on pulvérise le minéral, on le grille, on le pèse avant et après l'action du feu, et la différence trouvée donne le poids des matières volatilisées. Ainsi l'expérience A indique la perte au feu.

B. Les minerais siliceux ne peuvent pas être attaqués directement par les acides ; il faut les traiter, par l'hydrate de deutoxide de potassium, à une fusion ignée soutenue pendant trois quarts d'heure. L'action du feu étant terminée, on délaye la matière dans l'eau distillée, ou y verse de l'acide hydro-chlorique ; si la dissolution est complète, on fait évaporer la liqueur à siccité. S'il y a des portions non dissoutes, on les retraits comme on vient de l'indiquer. (*Expérience B.*)

Après l'évaporation à siccité, on délaye la matière dans l'eau distillée chaude, et on filtre pour séparer l'oxide de silicium.

C. La solution hydro-chlorique est ensuite évaporée, pour la rapprocher et en favoriser la décomposition complète par le sous-carbonate de potasse ou de soude; le précipité qui en résulte est reçu sur un filtre, d'où il est repris pour être traité par une solution de deutocide de potassium qui entraîne l'oxide d'aluminium en dissolution.

On sature la dissolution d'alumine par l'acide hydro-chlorique, et on décompose ce nouveau sel par le sous-carbonate de potasse; le précipité étant lavé et calciné, est l'*oxide d'aluminium*.

D. Les carbonates obtenus dans l'expérience C, sont décomposés par l'acide sulfurique; de tous les sulfates formés, celui de calcium étant insoluble, est séparé par les moyens ordinaires. On décompose ce sulfate, soit par le carbonate de potasse, soit par le nitrate de barite. Dans le premier cas, on forme un carbonate de calcium; dans le second, on obtient un nitrate calcaire qui, étant évaporé à siccité et fortement calciné, fournit l'*oxide de calcium*.

E. La dissolution des sels (D) est évaporée à siccité, le résidu est calciné au rouge, puis traité par l'acide nitrique; on décante, on lave, on calcine, et la matière desséchée est le *tritoxide de fer*.

Si, dans l'échantillon soumis à l'analyse, le fer se trouvait seulement au deutocide comme dans les minerais oxidulés (n°. 98), on retrancherait, du poids du tritoxide, celui de l'oxigène qui forme la différence des deux oxides, etc. Dans l'expérience E, on aura à volonté le poids du fer, soit à

l'état métallique, soit à l'état de deutoxide ou de tritoxide.

F. Les nitrates de manganèse et de magnésium, provenant de l'expérience précédente, seront traités par l'acide hydro-sulfurique ; le manganèse sera précipité à l'état de sulfure, et l'oxide de magnésium restera à l'état liquide, le sulfure sera reçu sur un filtre, après avoir été purifié par des lavages ; on le calcinera pour lui faire perdre son soufre, et on aura le *per-oxide de manganèse*.

G. La liqueur filtrée dans l'expérience F, ne contient plus que l'oxide de magnésium à séparer ; pour y parvenir, on réunira les eaux de lavage à la dissolution, on rapprochera le liquide par l'évaporation s'il est trop étendu, ensuite on y versera de la solution de sous-carbonate de potasse, jusqu'à ce que la liqueur ne se trouble plus ; on rassemblera le précipité sur un filtre, on le lavera, on le fera sécher et on le calcinera : cette dernière expérience donnera donc *l'oxide de magnésium*.

Il est probable que les mauvaises qualités des fers qu'on attribue toujours à la présence du phosphore, du soufre, de l'arsenic et même du cuivre, peuvent être dues aux combinaisons du chrome : déjà M. Vauquelin a rencontré ce métal dans plusieurs minerais de fer. C'est pourquoi il importe, dans l'analyse, de rechercher ce nouveau corps ; on y parvient facilement par des moyens simples, indiqués par M. Laugier, dans ses analyses sur les pierres météoriques.

En suivant le procédé de M. Laugier, on traite

le minéral comme dans l'analyse, expérience B. On délaye la matière dans l'eau distillée, et, au lieu d'y verser de l'acide hydro-chlorique, on abandonne le liquide au repos : il se forme un précipité qu'on isole par les procédés ordinaires : la dissolution ne contient plus que l'oxide de silicium et le chromate de potassium ; celui-ci communique au liquide une couleur d'un jaune pur.

Les eaux de lavage sont réunies aux eaux filtrées, et sont ensuite décantées. On les rend acidules par l'acide nitrique, puis on y verse du proto-nitrate de mercure, et du jour au lendemain il se forme un précipité orangé, qui est du chromate de mercure : on décompose ce dernier produit par le feu, et on obtient l'oxide de chrome qui est d'un beau vert (1).

Traitement
métallurgique.

117. On distingue dans le traitement des minerais quatre opérations principales, qui sont *le triage, le lavage, le grillage et le bocardage*.

Triage. Le triage est une opération par laquelle on sépare les substances terreuses des minerais.

Lorsque la couleur indique une substance homogène, on a recours au grillage qui, en faisant passer le fer à l'état de tritoxide, fait prendre une couleur rouge foncé qui sert à distinguer les parties qui sont chargées de métal.

(1) Mémoire de M. Laugier, lu à l'institut le 6 mars 1807.

Annales de chimie. . . . Tom. 58, p. 261.

Annales du muséum. . . Tom. 7, p. 392.

Mémoires de l'institut. . Tom. 2, p. 195.

Lavage. Lorsque les minerais sont disséminés dans une matière susceptible d'être délayée par l'eau, ou que leur surface porte une croûte qui y adhère peu, on enlève facilement ces matières étrangères par le lavage.

L'opération s'exécute dans des bassins ou réservoirs où l'on fait arriver un courant d'eau; les minerais y sont retournés jusqu'à ce que l'eau en sorte claire.

On emploie pour ce lavage des machines qui varient beaucoup et qui sont décrites dans plusieurs auteurs (1).

Grillage. Le grillage a pour objet d'enlever aux minerais le soufre, l'arsenic, le phosphore et l'eau qui peuvent s'y rencontrer; il augmente aussi la fusibilité des minerais.

Les fourneaux destinés au grillage des minerais diffèrent par leur forme; tantôt ils ressemblent à des prismes rectangulaires, circulaires, ou elliptiques, ou bien les fourneaux sont à reverbère. Ces derniers sont préférables aux autres, parce que le minéral qu'on y grille présente une grande surface à l'action de la flamme; mais ils sont moins économiques, et c'est ce qui a engagé M. Hassenfratz à proposer un fourneau de grillage à plusieurs étages (2).

Si on n'a pas de fourneaux de grillage, on dispose une aire d'argile bien battue, puis on place

(1) Encyclopédie méthod. (*Arts et métiers*), tom. 2, p. 539.

(2) Sidérotechnie, tom. 1^{er}, pag. 168, planch. 7.

un lit de combustible, un lit de minéral, etc. En établissant ainsi des couches successives de ces deux substances, on forme une pyramide quadrangulaire tronquée ; on met le feu aux quatre angles, et, au bout de quelques jours, on a un minéral grillé, pulvérulent, et donnant un fer qui ne casse ni à froid ni à chaud (1).

Bocardage. Les minerais compactes, qui ne subissent pas l'opération du triage, doivent être divisés pour rendre leur traitement plus facile ; la division s'exécute avec des machines qu'on nomme *bocards*. Les bocards sont dits à *sec* ou à *eau*, selon que l'on fait agir ou non le liquide sur le minéral : si le minéral est sans mélange de gangue, on le divise au bocard à sec que l'on remplace quelquefois par un gros marteau ou un martinet, comme cela se pratique dans les forges de l'Arriège, etc.

Si le minéral était altéré par des matières susceptibles d'être entraînées par le liquide, on le diviserait au bocard à eau, comme on l'exécute à Hayange ; dans ce cas, on opère simultanément la division et le lavage.

C'est avec ce bocard, qui n'est qu'un moulin à pilons, pourvu de lavoirs, qu'on traite les laitiers riches dans toutes les forges ; le laitier divisé est entraîné par le courant, et le métal plus lourd reste dans le fond des caisses où tombent les pilons.

Le bocard de Hayange, pour le minéral, se

(1) Herman, pag. 5 et 9.

compose de douze pilons qui tombent dans trois auges dont le fond est garni de bandes de fer. Les pilons sont des solives en bois de chêne, d'environ 1^m,50 de hauteur, sur 0^m,14 d'équarrissage; ils portent à leur base des masses de fonte qui s'engagent au moyen d'une tige de 0,12 de longueur. Ces masses sont appelées *têtes de pilons*, leur poids est de 30 à 40 kil. et leur forme est celle d'une pyramide tronquée à base octogone.

Les pilons se meuvent verticalement entre des jumelles liées entre elles par des traverses en fer; le soulèvement s'opère à l'aide de camines, au nombre de 36, disposées en hélices triples sur l'arbre d'une roue hydraulique, en sorte qu'un pilon est levé et retombe trois fois à chaque révolution de l'arbre.

(Détails sur la construction et sur le travail des bocards) (1).

(1) 1°. Fonte des mines, etc., par Hellot, tom. 2, pag. 12, planch. 3.

2°. Encyclopédie (*arts et métiers*), tom. 2, pag. 577, planch. 9 et 10.

3°. Instruction sur l'art des mines, par Delius, traduction de Schreiber, tom. 2, pag. 176 et 265, planch. 20.

4°. Traité du fer et de l'acier, par Manson, pag. 34, planch. 2.

5°. Sidérotechnie, tom. 1, pag. 175, planch. 8.

SEPTIÈME LEÇON.

Des hauts fourneaux : *Formes extérieures et intérieures.* — *Leur nomenclature.* — *Leur emplacement.* — *Leur construction.* — *Leur adossement aux montagnes.* — *Leur isolement.* — *Soufflets.* — *Fondans.* — *Herbue et castine.* — *Mélanges fusibles et infusibles.* — *Mise à feu.* — *Manière de charger.* — *Théorie chimique du fondage.* — *Laitiers.* — *Leur usage.* — *Gueuses.* — *Durée du travail.* — *Propriétés physiques et chimiques des fontes.* — *Leur usage.*

DES HAUTS FOURNEAUX.

**Formes
extérieures.**

118. Les fourneaux destinés à fondre les minerais sont appelés *hauts fourneaux*; ils n'ont pas de forme bien déterminée : les uns sont prismatiques, les autres sont des pyramides quadrangulaires tronquées. Il existe aussi des fourneaux composés d'un prisme quadrangulaire surmonté d'une pyramide tronquée, ou bien d'une pyramide quadrangulaire surmontée d'un prisme; cette dernière forme paraît offrir plus de solidité que les autres.

**Formes
intérieures.**

119. Les formes intérieures des fourneaux ne sont pas moins variées que les extérieures.

Pour indiquer celle qui convient le mieux, examinons comment se propage le calorique dans un fourneau : les rayons calorifiques, partant d'un foyer, diminuent d'intensité à mesure qu'ils s'éloignent du centre, en sorte qu'à une certaine

distance, ils sont sans effet. D'après ce principe que l'action des rayons est en raison inverse de leur étendue, il résulte qu'un fourneau à section polygonale serait le plus mauvais ; car tout l'espace compris entre un cercle inscrit et les parois du polygone n'étant pas échauffé au même degré, le minerai s'y réduirait mal ; la forme circulaire est donc préférable.

120. Les hauts fourneaux se composent de deux parties bien distinctes, l'extérieur qu'on nomme *l'enveloppe* ou le *massif*, et l'intérieur qu'on appelle la *chemise* ; on y remarque extérieurement quatre ouvertures : 1°. le *trou de coulée* ; 2°. l'*ouverture de la dame* ; 3°. le *trou de tuyère* ; 4°. le *gueulard*. Enfin deux voussoirs, l'un latéral, l'*embrasure de tuyère*, l'autre antérieur, l'*embrasure de la dame, de travail* ou de *tymp*.

L'intérieur du fourneau se divise en deux parties, par le grand diamètre qu'on nomme le *ventre* ou le *laboratoire*.

La partie supérieure est appelée la *grande masse* ; elle est terminée par le *gueulard*.

La moitié inférieure porte le nom de *grand foyer* qui comprend le *creuset*, l'*ouvrage* et les *étalages*. Les quatre faces du grand foyer prennent les noms des quatre pierres qui composent le creuset : la postérieure la *rustine* ; les deux latérales, les *costières*, et l'extérieure, la *dame* ou la *tymp*.

121. Les fourneaux doivent être à proximité de la mine, des fondans et des forêts ; il faut aussi

Emplacement
des hauts four-
neaux.

avoir un courant d'eau pour mettre en jeu les machines soufflantes. Cette dernière condition n'est pas toujours nécessaire, puisqu'on peut avoir recours à d'autres moteurs.

En Angleterre, où le charbon fossile est très-commun, on fait jouer les machines par le secours des pompes à feu.

M. *Cagniard-Latour* indique un moyen de mettre à profit le calorique perdu au gueulard des fourneaux, en l'appliquant à dilater de l'air, et en employant comme force motrice, l'effort qui en résulte (1) : avec l'un de ces deux derniers moyens on peut placer le fourneau sur la mine même qui fournit le minéral.

Construction. 122. Les fondations d'un haut fourneau reposent sur des pilotis, ou sur une double grille en charpente, selon la nature du sol.

Le massif doit être percé de canaux croisés pour porter les vapeurs acqueuses à l'extérieur, et prévenir par-là les dégradations que l'humidité causerait au creuset ; le massif doit être élevé en pierres de taille et présenter une grande solidité, puisque c'est lui qui doit porter toute la construction.

On élève l'enveloppe en pierres de taille, et la chemise se construit en pierres réfractaires, parce qu'elle est exposée à l'action d'un feu violent et long-temps continué ; ce choix doit être fait principalement pour le grand foyer.

Les pierres qui conviennent le mieux pour le

(1) *Journal des mines*, tom. 26, pag. 465.

creuset, l'ouvrage et les étalages, sont : le granit, les grès, les argiles et les sables réfractaires ; les pierres argilo-schisteuses peuvent être employées ; mais il faut qu'elles soient parfaitement sèches, parce que la moindre humidité les fait éclater (1). Lorsqu'on manque de pierres naturelles, il faut composer des briques infusibles (2).

Les matériaux qui doivent servir à construire la *grande masse*, peuvent être moins réfractaires, parce que les parois du fourneau, en cet endroit, sont exposées à une température moindre que celles de la moitié inférieure ; aussi, presque par-tout, n'emploie-t-on que des briques ordinaires, lorsqu'on n'a pas de pierres siliceuses dans les environs.

La hauteur des fourneaux varie selon la nature du combustible ; si on fait usage de charbon de bois, la hauteur est entre 5 et 7 mètres, et lorsqu'on emploie du coack, comme en Angleterre, la hauteur est de 15 mètres.

123. On est dans l'usage d'adosser les hauts-fourneaux à des montagnes, afin que le gueulard soit près de la route sur laquelle montent les voitures qui amènent le minéral.

Adossement
des fourneaux
aux montagnes
et leur isolement

(1) Aux forges de Hayange (*Moselle*), les creusets des hauts fourneaux sont construits avec des pierres de grès qu'on retire de Hettange et qu'on renouvelle à chaque fondage. La chemise est faite avec de la pierre d'Agnès, qui est une argile grise, feuilletée, qui pourrait résister à vingt fondages.

(2) Fabrication des briques réfractaires, première partie du cahier classique (N°. 38).

On prétend que , par cette disposition , la consommation en charbon est plus grande que si les fourneaux étaient isolés , parce qu'une portion du calorique est employée à vaporiser l'eau qui suinte de la montagne sur la face de *rustine* , et que le fourneau est exposé à s'engorger (1).

On peut obvier à cet inconvénient ; en faisant une taille dans la montagne , pour isoler le fourneau auquel on communiquerait par un pont.

Fondans. 124. Les fondans sont des matières employées pour déterminer la fusion des gangues qui accompagnent le fer dans les minerais.

Mélanges fusibles et infusibles. 125. Les fondans et les gangues sont composés des oxides métalliques, connus autrefois sous les noms de *terres*. Tous ces oxides sont infusibles seuls, de même que leur combinaison binaire, à l'exception cependant des oxides de silicium et de calcium.

Toutes les combinaisons ternaires et quaternaires sont fusibles, excepté le mélange ternaire dans lequel l'oxide de magnésium dominerait.

Si le minéral se trouve composé des oxides de calcium et de silicium, ou qu'il contienne en plus un troisième oxide, ce minéral peut fondre sans intermède, alors on dit *qu'il porte son fondant* ; mais, si les élémens qui le constituent ne sont pas dans les circonstances convenables pour favoriser la fusion, on y ajoute un oxide (*terre*).

Herbue. 126. Si un minéral infusible est à base d'oxides

(1) Sidérotechnie, tom. 1^{re}, pag. 190.

de calcium et de silicium, on ajoute de l'argile dans son traitement, et alors le fondant est appelé *herbue* ou *arbue* par les ouvriers.

Castine.

127. Un minéral contenant de l'oxide d'aluminium et de l'oxide de silicium, n'a besoin que de la chaux carbonatée pour aider sa fusion; ce fondant est connu dans les forges sous le nom de *castine* ou de *cron*.

Mise à feu.

128. Lorsqu'on veut opérer un fondage avec un fourneau nouvellement construit ou réparé, il faut l'échauffer et en chasser toute l'humidité qu'il contient.

Pour opérer la dessiccation du fourneau, qu'on nomme aussi *grillage*, on chauffe avec du menu bois d'abord, et avec du bois plus fort ensuite, pour obtenir une dessiccation graduelle; ce travail se nomme *la mise à feu*.

129. Après le grillage du fourneau, on le remplit avec du charbon; on le laisse s'échauffer lentement pendant trois ou quatre jours, en ajoutant successivement, sur le charbon, une petite quantité de minéral et de fondant, et on met en jeu les soufflets auxquels on ne donne d'abord qu'un mouvement assez lent. Dans les deux premiers jours, la charge se compose de trois mesures de 30^k. de minéral, sur six de charbon de 20^k.; au troisième jour, on augmente d'une demi-mesure, et ainsi de suite; en sorte que, au bout de neuf jours, la charge soit complète, c'est-à-dire six mesures de minéral avec son fondant, sur six mesures de charbon.

Manière de
charger le four-
neau.

Les charges s'introduisent l'une après l'autre, à mesure que la matière qui descend dans le fourneau présente un vide suffisant pour en recevoir une.

Des soufflets. 130. Autrefois l'airage des fourneaux était donné par deux caisses en bois de forme pyramidale, dont l'une se fermait pendant que l'autre s'ouvrait. Par ce moyen on obtenait un jet d'air continu, interrompu seulement pendant le court intervalle du changement de mouvement. On retrouve encore de ces machines soufflantes dans les anciennes forges.

Quand les anglais ont cherché à réduire le minéral par la houille, il a fallu qu'ils eussent recours à des soufflets plus puissans, puisque ce combustible fossile exige, pour être brûlé, une plus grande quantité d'air que le charbon végétal; cette circonstance a donc amené l'invention des nouvelles machines soufflantes, qu'on a d'abord nommées *pompes à air* ou *soufflets à pistons*, et, d'après leur forme, *soufflets cylindriques*, *soufflets prismatiques*.

Les premiers soufflets à pistons, construits en Angleterre en 1760, furent composés d'un cylindre en fonte, allésé, calibré intérieurement, et d'un piston mobile dont les bords, garnis d'un cuir huilé, en remplissaient exactement le contour; puis on a imaginé des tasseaux circulaires pour obtenir un frottement constant (1); on a

(1) Sidérotechnie, tom. 2, pag. 75, pl. 26.

ensuite adapté, aux soufflets cylindriques, un régulateur qui en forme des machines parfaites (1).

Les soufflets cylindriques sont dispendieux, c'est pourquoi on a cherché à les remplacer par des caisses quadrangulaires en bois, rabotées intérieurement, et dans lesquelles se meut un piston garni de tasseaux à ressort, semblables à ceux que l'on rencontre dans les soufflets pyramidaux.

Les soufflets cylindriques et à prismes quadrangulaires ont de grands avantages sur les pyramidaux.

1°. Ils occupent moins de place.

2°. Ils épargnent un tiers d'eau pour être mis en jeu.

Malgré l'économie que présentent les soufflets à caisses quadrangulaires en bois, on préfère ceux en fonte, parce qu'ils peuvent être travaillés avec plus de précision, et qu'ils réunissent la durée à la propriété conductrice de leurs parois.

Les constructions, les perfectionnemens et le jeu de ces nouvelles machines soufflantes sont décrits dans beaucoup d'ouvrages (2).

131. Les minerais, les fondans et le charbon qui composent les charges, recevant l'action du calorique, se décomposent; à la première im-

Théorie chimique des fondages.

(1) Bulletin de la Société d'encouragement, 13^e. année, pag. 207, pl. 114.

(2) Annales des arts et manufactures. $\left\{ \begin{array}{l} \text{Tom. 15, pag. 225, pl. 7.} \\ \text{Tom. 34, pag. 16, pl. 376.} \\ \text{Tom. 46, pag. 7, avec 3 pl.} \\ \text{Tom. 47, pag. 113, pl. 579.} \\ \text{Tom. 51, pag. 47, pl. 620 et 621.} \end{array} \right.$

M. Borgnis (composition des machines), pag. 392.

pression, l'eau contenue dans les hydrates se volatilise en partie; et, lorsque les matières qui la contiennent arrivent vers la tuyère, qui est le point le plus échauffé, l'oxygène de l'eau se sépare, et concourt avec le vent des soufflets à la combustion du charbon; l'hydrogène, qui s'échappe, dissout du carbone, forme de l'hydrogène carboné, qui, porté dans la partie supérieure, y dépose une partie de son charbon et de son calorique, et prépare ainsi l'oxide de fer à la réduction.

L'oxide de fer est entièrement décomposé en arrivant vers la tuyère, où, en contact avec le charbon, il se trouve à l'état d'incandescence. Cet oxide, étant réduit, s'unit à une portion des différentes substances qu'il rencontre, soit charbon, silicie, manganèse, chrome, etc., principes qui étaient contenus dans les matières composant les charges.

Laitiers.

132. Les oxides étrangers au fer se réunissent pour former une masse vitreuse, liquide, qui permet au fer, plus lourd, de gagner le fond du creuset; c'est ce verre opaque qui est connu dans les forges sous le nom de *laitier*, il recouvre le métal liquide qu'on appelle *fonte*, et la préserve de l'oxidation.

On peut considérer deux sortes de laitiers, l'un pauvre en fer, et l'autre riche; cette différence est due à ce que le peu de fluidité de ce dernier n'a pu permettre à tous les globules de fonte de le traverser, de manière qu'il en reste d'engagés dans la pâte vitreuse: ces laitiers sont faciles à distinguer par leur pesantour spécifique.

133. *Usage.* Les laitiers riches sont bocardés pour en séparer la fonte. La matière divisée ressemble à du verre grossièrement pulvérisé : dans cet état, elle remplace très-avantageusement le sable dans la composition des mortiers. On doit la préférer au sable pour la composition des ciments : l'expérience prouve que le laitier en augmente singulièrement la dureté.

Les laitiers pauvres sont employés dans le rechargement des routes ou des chemins.

134. On charge le fourneau jour et nuit, la fonte remplit le creuset, et le laitier s'écoule par l'ouverture de la dame. Coulage en gueuses.

Lorsque le creuset est plein on évacue la fonte en lui donnant issue dans des sillons préparés sur le sol sablonneux, qui lui font prendre la forme de prismes triangulaires ou demi-cylindriques qui portent le nom de *gueuses*.

On fait ordinairement deux coulées par jour, et on continue le travail pendant dix à treize mois : il est rare qu'un fourneau résiste quinze mois, on cesse le travail avant ce terme pour réparer, c'est ce qu'on appelle *mettre hors* par opposition à *mettre à feu*. Durée du travail.

135. Les fontes sont des combinaisons de fer, de charbon et de laitier ; les autres substances qu'on y rencontre, telles que le manganèse, le cuivre, etc., ne s'y trouvent qu'accidentellement. Des fontes.

Les fontes obtenues directement du haut-fourneau, sont dites de première fusion ; on leur donne aussi le nom de *fer cru*.

La qualité des fontes varie par la quantité de charbon qu'elles contiennent; cependant il semble que l'oxide de manganèse rend les fontes blanches; il résulte de ces combinaisons plusieurs qualités qu'on peut réduire à trois.

136. *Noms des fontes.* Les fontes se distinguent, par leur couleur, en fontes *blanches*, en fontes *grises douces*, et en fontes *grises dures*.

Fontes
blanches.

137. *Propriétés et usage.* Les fontes blanches sont brillantes dans leur cassure, souvent cristallisées en larges facettes; elles sont plus dures et plus fragiles que les autres.

On n'emploie jamais les fontes blanches pour les ouvrages qui doivent soutenir un certain effort, ou qu'on doit réparer à l'outil; leur dureté et leur fragilité les font rejeter des différens usages de l'artillerie.

Fontes grises
douce.

138. *Propriétés et usage.* Les fontes grises douces sont d'un gris noirâtre ou bleuâtre, d'une cassure nette et grenue; elles se laissent facilement entamer à la lime; elles sont presque ductiles dès-lors qu'elles supportent long-temps les coups de marteau sans se rompre.

C'est avec ces fontes que l'on exige que soient coulés les flasques d'affûts à mortiers, ainsi que les pièces d'artillerie de la marine, qui doivent avoir assez de ténacité pour résister à la violence de la poudre, et qui, étant fondues, doivent ensuite être forcées.

Fontes grises
dures.

139. *Propriétés et usage.* Les propriétés des

fontes grises dures, participent de celles des fontes blanches et des fontes grises douces ; elle prennent place entre ces deux espèces, et c'est pour cette raison qu'on les a nommées dans les arts : *fontes métisses*, *fontes mêlées*.

On emploie ces fontes à couler les projectiles pleins et creux, ainsi que tous les objets qui doivent réunir la dureté à la ténacité.

CHAPITRE DEUXIÈME.

ART DU FONDEUR EN FER.

HUITIÈME LEÇON.

Des propriétés particulières des fontes. — Division des objets coulés dans les fonderies. — Des projectiles. — Fabrication des boulets pleins. — Confection des coquilles. — Leur décroissement de diamètre dans le moulage. — Règles suivies pour arriver aux dimensions naturelles. — Vérification et réception des coquilles. — Précautions à prendre dans le moulage en coquilles. — Rebut des coquilles. — Examen des projectiles à la sortie des coquilles. — Du moulage en sable. — Objets nécessaires pour ce moulage. — Choix et préparation du sable. — Globe modèle. — Travail du moulage. — Battage des boulets. — Construction d'un ordon à rebattre. — Travail. — Effets du battage. — Service de l'officier.

FABRICATION DES PROJECTILES PLEINS.

Propriétés
particulières des
fontes.

140. Les fontes possèdent des propriétés qui leur sont propres ; avant de parler de leur emploi dans les arts, nous exposerons quelques-unes de ces propriétés.

141. *Augmentation de volume.* Les corps qui passent de l'état liquide à l'état solide se contractent, ou se dilatent. Réaumur a remarqué depuis long-temps cette différence entre les métaux; ce savant distingué a observé que la fonte de fer, le bismuth et l'antimoine sont susceptibles de dilatation, tandis que les autres métaux se contractent plus ou moins, dans les mêmes circonstances (1).

La dilatation observée par Réaumur, ne peut être considérée comme une exception au fait général de l'augmentation de volume des corps, par l'addition du calorique, car elle ne résulte pas de leur diminution de température, mais bien du nouvel arrangement de leurs molécules, qui accompagne ou constitue leur passage de l'état liquide à l'état solide.

L'augmentation de volume dans les fontes blanches est due à l'arrangement symétrique des molécules; puisque ces fontes sont susceptibles de cristallisation par un refroidissement lent.

La dilatation des fontes grises ne peut appartenir à la même cause, dès-lors que ces fontes ne se cristallisent pas; et cependant l'augmentation de volume est bien plus prononcée dans les fontes grises que dans les fontes blanches. On attribue cet effet à la séparation du charbon lors du refroidissement.

Les fontes blanches, refroidies promptement, ne se cristallisent pas; elles éprouvent, comme les métaux, une contraction qui leur est propre.

(1) Mémoire de l'académie. — 1726, pag. 276.

Les fontes grises, refroidies promptement, diminuent de volume, mais leur retraite est moindre que celle des fontes blanches.

142. *Fusibilité.* Les fontes blanches sont plus fusibles que les grises : d'après cette propriété des fontes blanches, il semblerait qu'on pourrait les employer pour obtenir les empreintes exactes des moules chargés de détails, comme les médailles, les bas-reliefs, etc., si en se cristallisant elles n'avaient le défaut de donner une surface raboteuse aux pièces qui en sont coulées.

Les fontes grises douces ne conviennent pas mieux, malgré leur dilatation plus grande, à cause que leur fluidité est toujours moindre que celles des autres fontes.

Les fontes grises dures sont celles qu'on doit préférer pour jeter en moule les pièces couvertes d'ornemens déliés, parce que ces fontes jouissent de la fusibilité des fontes blanches, et que de plus, elles augmentent presque autant de volume que les fontes grises douces ; enfin parce qu'elles possèdent de la finesse et de l'uniformité dans le grain.

143. *Densité comparative.* Les densités des fontes sont exprimées, d'après *Buffon*, ainsi qu'il suit (1) :

		Pied cube.	Décim. cube.
Fontes	blanche épaisse	457 ^{liv.}	6621 ^{gram.}
	— fluide	462	6601
	grise	485	6921
	plus grise	512	7330

(1) Analyse du fer par Bergmann (traduction), pag. 31.

Bergmann a aussi donné la pesanteur spécifique des fontes (1).

	Pied cube.	Décim. cube.
Fontes { blanche	462 liv.	6601 gram.
{ grise	480	6859
{ noire	508	7262

Il est difficile d'indiquer les vraies causes de la différence que l'on trouve dans les pesanteurs spécifiques des fontes. M. *Hassenfratz* en donne cependant des explications qu'on pourrait admettre (2).

144. *Couleur et dureté.* Lorsqu'on coule des fontes grises de manière que leur refroidissement s'opère promptement, leur couleur grise, plus ou moins foncée, passe au blanc, comme le prouvent les expériences de *Jars* (3).

Guiton qui a vérifié ces expériences, a de plus remarqué que le refroidissement prompt de la part des fontes grises douces, leur donnait une dureté égale à celle des fontes blanches.

Plusieurs fontes blanches peuvent perdre de leur couleur, et gagner un peu de douceur en se refroidissant lentement.

La couleur et la dureté des fontes ne sont que des caractères indirects, puisqu'on peut changer ces propriétés par le refroidissement.

145. *Action des corps durs sur les fontes.* Les

(1) Analyse du fer par Bergmann (traduction), pag. 113.

(2) Sidérotechnie, tom. 2, pag. 293.

(3) Voyages métallurgiques, tom. 1^{er}, pag. 17.

fontes naturellement blanches, ainsi que celles qui sont blanchies par un prompt refroidissement, ne se laissent pas attaquer par les instrumens d'acier trempé; il n'en est pas de même des fontes grises, refroidies lentement: elles sont ordinairement très-douces, et cette propriété augmente à mesure qu'on les chauffe, à tel point qu'à l'état rouge de feu, elle se laisse scier comme le bois.

Il faut, pour opérer une section nette par la scie, faire chauffer la fonte uniformément au rouge cerise, ce qu'on obtient facilement au fourneau à reverbère, et non au feu de forge.

Ce procédé donné par M. *Dufaud*, a été répété avec succès par M. *Molard*, au conservatoire des arts et métiers, sur des pièces de fonte de 0^m,07 carrés, en employant une scie à bois ordinaire, sans endommager les dents de l'instrument (1).

146. *Usages relatifs des fontes.* Les fontes ont des propriétés dépendantes de la nature des minerais qui les fournissent; elles sont propres ou impropres à donner du fer de bonne qualité. Il importe donc de ne laisser employer les fontes de première qualité qu'à l'affinage, et de destiner aux projectiles, ou à la sablerie, celles qui ne donnent que de mauvais fers forgés.

Les fontes qui produisent des fers cassans à chaud jouissent en général d'une grande ténacité;

(1) *Annales des arts et manufactures*, tom. 48, pag. 282.
Bulletin de la société d'encouragement, onzième année, pag. 32.

elles peuvent être destinées à la fabrication des flasques d'affûts de mortier, et même des pièces en fonte de la marine: elles ont toutes les qualités requises pour cet objet. Ainsi, au lieu d'employer, pour les flasques, comme cela se pratique ordinairement, les belles fontes carburées qui fournissent des fers forgés, ne cassant à chaud ni à froid, il faudrait les réserver à l'affinage; il y aurait de l'économie à choisir les premières pour en couler des flasques ou des canons, puisque le fer forgé qu'on en retire a le défaut de casser à chaud, ce qui en restreint l'usage.

Les mêmes fontes pourraient aussi être employées à la confection des projectiles; mais, comme elles seraient trop tendres, l'officier des forges ferait augmenter la quantité de minerais ou diminuer la quantité de charbon pour atteindre le degré de dureté convenable.

Les fontes qui fournissent des fers cassans à froid sont blanches, quel que soit le refroidissement, elles ne sont point employées par l'artillerie; leur usage est peu étendu, on en confectionne cependant beaucoup de sableries.

147. Les opérations du moulage et du coulage se divisent en trois classes principales.

Division des
procédés du
moulage et du
coulage.

1°. En fontes coulées sur le sable, et dont l'empreinte n'est demandée que d'un côté, tels que les contre-cœurs, etc.

2°. Le coulage dans les moules, qui comprend le moulage des projectiles, des flasques des affûts

à mortiers, des roues d'engrenage, des tourillons, des cammes, des volans, des cylindres des pompes à feu, etc.

3°. Les fontes moulées en terre, telles que les cloches, les chaudières, les poêles, etc.

Des projec-
tiles pleins.

148. Lors de l'invention des bouches à feu, on a d'abord employé pour projectiles, des pierres taillées en sphères; la preuve en est acquise par un grand nombre de boulets de grès trouvés à Paris, en 1712, et dont les diamètres variaient entre 25 et 10 pouces (1), et par beaucoup de ces projectiles qu'on a rencontrés à Metz en 1821, en creusant pour réparer une courtine de l'ancienne citadelle; ces derniers, dont le plus fort est du diamètre de 7 pouces 9 points, et le plus faible de 6 pouces, sont faits avec de la pierre dure du pays.

Les projectiles non métalliques ont été abandonnés, et on leur préfère, sous plusieurs rapports, ceux qui sont faits avec la fonte grise dure. Les fontes grises douces seraient trop tendres, et les fontes blanches trop cassantes.

Des coquilles.

149. On coule les boulets pleins dans des moules en fonte, composés de deux parties hémisphériques qu'on nomme *coquilles* : elles sont pourvues de deux feuillures destinées à les assembler; cha-

(1) Art de fabriquer la poudre à canon (Botté et Riffaut), discours préliminaire, pag. 6, extrait de l'histoire de la milice française (P. Daniel), tom. 1, pag. 448.

que coquille porte en outre deux boutons qui servent à les manier facilement (1).

150. *Décroissement de diamètre.* Les coquilles doivent être moulées très-soigneusement en sable, avec des modèles en cuivre; c'est de la bonne combinaison des proportions dans les diamètres de ceux-ci que dépend la parfaite sphéricité : si le vide intérieur du modèle était sphérique, celui des coquilles ne le serait pas. Pour atteindre la perfection, il faut donner au diamètre de l'emboîtement du modèle, une dimension plus grande qu'au diamètre opposé, à cause de la retraite que prend la matière, sur les bords, lors de son refroidissement prompt.

151. *Règle suivie pour arriver aux dimensions.* Dans l'arrondissement des forges de la Moselle (*Hayange*), on avait cru trouver autrefois que le diamètre intérieur des modèles à l'emboîtement devait avoir celui du projectile que l'on voulait couler, plus une quantité qu'on avait fixée ainsi qu'il suit :

Pour les boulets de. . . 4, 6, 8, 12, 16, 24.

Nombre de points . . . 2, 3, 4, 6, 8, 12.

Des expériences postérieures, faites avec beaucoup de soin, ont prouvé que la contraction de la fonte refroidie promptement ne suit pas, en proportion géométrique, le décroissement des calibres, et qu'elle est plus forte dans les petits que

(1) Le moulage des coquilles étant exécuté et appliqué dans la leçon orale, nous nous dispenserons de le décrire ici.

dans les gros, proportion gardée ; en sorte qu'on a abandonné cette espèce d'échelle, en faveur de la suivante qu'on croit préférable.

Pour les boulets de. . 4, 6, 8, 12, 16, 18, 24, 36, 48.

Nombre de points . . 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16.

La diminution de volume a été remarquée dans toutes les forges où l'on coule en projectiles ; mais elle varie à chaque fourneau.

Lorsqu'on veut faire couler des projectiles, dans un établissement qui n'a pas encore travaillé pour l'artillerie, il faut commencer par s'assurer si la fonte est convenable : puis y faire mouler des coquilles d'essai, multiplier les expériences de recherches, et s'arrêter aux dimensions qui fournissent les projectiles les plus sphériques. L'exactitude dans les formes étant obtenue, on sera assuré de la conserver, si la qualité de la fonte reste la même.

152. *Vérification et réception.* Les coquilles doivent être vérifiées et reçues par les contrôleurs, en présence de l'un des officiers des forges : celles qui servent à mouler les boulets d'un même calibre, doivent être parfaitement semblables, c'est principalement du diamètre intérieur que dépend leur bonté.

Pour vérifier l'intérieur, on a un disque en acier trempé ; il est percé d'une ouverture dans le centre, pour qu'on puisse le saisir ; l'un de ses bords est chanfreiné, le côté opposé est marqué d'une ligne qui sépare le disque en deux parties égales : cet instrument est appelé *rondelle de vérification des coquilles*.

Pour que les coquilles soient reçues, il faut que la rondelle, posée à plat, entre de son épaisseur dans l'intérieur des deux parties qui forment la paire. Lorsqu'on place la rondelle de champ, dans l'intérieur, elle doit y entrer jusqu'au diamètre tracé sur l'une de ses faces, et en même temps, toucher par tous les points de sa demi-circumférence. Enfin, on doit faire joindre les coquilles, pour s'assurer si elles s'emboîtent exactement; celles qui se rapprochent mal sont rejetées, de même que celles qui portent dans leur cavité des aspérités ou des chambres.

153. Les coquilles destinées à former les moules à boulets, peuvent s'assembler par superposition ou latéralement; dans le premier cas, l'emboîtement est horizontal, et l'ouverture pour le jet est pratiquée dans la coquille supérieure; dans le deuxième cas, l'emboîtement est vertical, et chaque coquille est entamée à sa partie supérieure pour former l'ouverture du jet.

Mode de moulage en coquilles

Le premier moyen est si simple qu'il ne sera parlé que du deuxième, suivi aux forges de Hayange (Moselle), dont nous prendrons les opérations pour exemple.

Les coquilles sont disposées de champ, sur une pièce en fonte, appelée *carnet* ou *encarnet*, dont les extrémités sont relevées pour former des points d'arrêt.

On place sur chaque carnet quarante paires de coquilles; on introduit des coins entre chaque paire pour rapprocher les deux parties. Les moules

ainsi disposés, sont remplis avec de la fonte liquide qu'on transporte avec une cuiller en fer, connue sous le nom de *poche*.

On forme un avant-bassin derrière la dame, pour obtenir un bain dans lequel on puise la matière, en écartant les corps étrangers.

La fonte se verse d'abord dans les moules impairs sur toute la longueur, puis les ouvriers reviennent et remplissent les moules pairs: cette précaution a pour objet d'éviter les accidens que l'augmentation de volume des coquilles pourrait produire. Tous les moules étant remplis, on a soin de desserrer les coquilles en enlevant les coins. Après la coulée, on laisse refroidir quelques minutes, puis on fait sortir les projectiles qu'on jette sur le sol; on assemble de nouveau les coquilles, et on continue le moulage.

On doit avoir soin de laver souvent les coquilles lorsqu'elles sont encore chaudes.

154. *Rebut des coquilles.* Les coquilles étant exposées à s'user dans le travail, il faut souvent les vérifier en leur présentant la rondelle; et lorsque leur augmentation de diamètre passe deux points, on les met hors de service.

Pour empêcher les ouvriers de les employer de nouveau, le meilleur moyen est d'en faire casser les boutons qui servent de poignées.

Du moulage
en sable.

155. On emploie rarement le moulage en sable pour se procurer les projectiles pleins; les entrepreneurs ont plus d'économie à faire usage des

coquilles : mais les boulets qui sortent de celles-ci ne sont pas aussi beaux que ceux qui sont moulés en sable. Cette dernière considération engagera sans doute à remplacer le moulage en coquilles par le moulage en sable.

156. *Objets nécessaires.* Le second mode de moulage, exige les objets qui suivent :

1°. Du sable.	8°. Des règles à raser.
2°. Des globes modèles.	9°. Des feuilles de sauge.
3°. Des supports.	10°. Des réglettes.
4°. Des châssis.	11°. Des cuillers.
5°. Des planches ou faux-fonds.	12°. Des champignons.
6°. Des jets ou fusées.	13°. Des poches.
7°. Des battes plates et rondes.	14°. Des râpes.

157. *Sable.* Il faut que le sable à mouler soit terreux et à grain fin ; il doit contenir de l'argile et ne pas être mélangé de carbonate de chaux ; on l'essaie par un acide concentré. Le sable de rivière est trop sec ; celui qu'on extrait du sein de la terre est préférable, parce qu'il contient de l'argile.

Si l'on ne pouvait se procurer du sable convenable, en faisant des fouilles, il serait facile d'en composer un, avec du sable fin de rivière, auquel on ajouterait de l'argile ; on tamiserait le mélange, s'il n'était pas assez fin.

158. *Globe modèle.* Le modèle des projectiles qu'on veut mouler en sable est un sphéroïde creux en cuivre tourné ; ce modèle se sépare horizontalement en deux parties égales : l'hémisphère su-

périeur porte un arbre fixe en fer nommé le *pivot*, l'hémisphère inférieur est garni d'une tige mobile aussi en fer, appelée le *support*.

Les projectiles moulés en sable doivent avoir une sphéricité parfaite; pour atteindre cette précision, on est obligé de donner aux modèles une forme elliptique, dont la dimension n'est pas encore fixée rigoureusement : mais, en général, les globes modèles ont leur diamètre horizontal égal à celui de la grande lunette de réception, et leur diamètre vertical égal à celui de la petite lunette.

159. *Travail.* L'objet qu'on se propose dans ce moulage est de former, dans le sable, un vide semblable à celui que donnent deux coquilles réunies.

Le sable est contenu dans les *châssis* qui sont des caisses sans fond, divisées en deux parties assemblées par des goujons de repère, et par des crochets.

Pour exécuter le moulage, on place sur la *planche*, qui sert de fond mobile, l'hémisphère supérieur du modèle en cuivre, on y rapporte la partie supérieure du châssis; on y dispose en même temps le modèle du jet, puis on la remplit de sable que l'on tasse avec les *battes*, et on enlève l'excès du sable avec la *règle à raser*; on établit un ou plusieurs évents en enfonçant une verge de fer, ou la tige de la *feuille de sauge*, jusque sur le modèle : l'évent est destiné à favoriser le départ de l'air, lorsqu'on introduit la fonte liquide qui vient

prendre sa place. La première partie du châssis étant moulée, on la retourne, on place l'autre demi-sphère sur celle qui est engagée dans le sable; puis on superpose la seconde portion du châssis. On répand sur le châssis inférieur déjà moulé, de la poussière de charbon, pour former une couche légère qui doit favoriser la séparation des deux parties du moule; le tout ainsi disposé, on remplit de sable cette seconde partie du châssis que l'on comprime comme la première.

Pendant le moulage de la seconde moitié, on suspend le *support* avec la *réglette*; et, lorsque le travail est terminé, on maintient le support dans sa position, en plaçant l'une des battes sous la *réglette* pour servir de coin.

Le moulage fini, on enlève le châssis inférieur, on retire le support ainsi que le modèle, puis on le place sur le fond mobile; dans cette position, on bouche avec du sable le trou qu'a laissé le support, et enfin on polit cette place avec le *champignon*.

On retire également du châssis supérieur, l'hémisphère qui s'y trouve engagé; le modèle du jet étant composé de deux morceaux, se sépare facilement, on bouche l'ouverture laissée par l'arbre si on pratique des évents, et dans le cas contraire, on en diminue seulement le diamètre; si le moule supérieur n'est pas dégradé, on le pose sur l'inférieur.

Les dégradations qui se forment pendant l'enlèvement des modèles, ou par le transport des mou-

les, se réparent avec la *feuille de sauge*, la *cuiller* et le *champignon*.

Lorsqu'on se propose de couler des projectiles de petits calibres, on peut former plusieurs moules à la fois dans un grand châssis : alors on n'a besoin que d'un seul trou de coulée pour verser le métal liquide dans tous les moules d'une même caisse.

160. *Coulage*. Les deux portions du moule, ainsi préparées, se réunissent par le rapprochement des châssis que l'on fixe avec les crochets. Les moules obtenus sont rangés sur plusieurs lignes. Lorsque le creuset est rempli, on opère la coulée de la matière que l'on transporte avec les poches. Le couleux verse le métal liquide dans l'ouverture du jet ; son aide, en se servant d'un bâton, écarte les impuretés qui nagent sur le bain, et s'oppose à leur introduction. Aussitôt que la fonte touche les parois du moule, l'eau contenue dans le sable se volatilise, une partie se décompose, il en résulte des fluides élastiques, dont la libre sortie devient nécessaire pour prévenir les accidens : tel est le but des évènements. L'aide mouleur s'assure que le passage des vapeurs est bien établi, lorsqu'en présentant son bâton allumé sur les évènements, il se produit des dards de flamme bleue due à la combustion du gaz hydrogène oxy-carboné.

La fonte ayant séjourné dans les moules pendant sept à huit minutes, on désassemble les châssis pour en faire sortir les projectiles, encore rouges ;

on casse les jets, puis on enlève le sable qui adhère à la surface des boulets, en faisant usage de *râpes*.

161. Les boulets, en sortant des coquilles, portent une déchirure du jet et un bourrelet circulaire qu'on nomme la *couture* : elle est formée par la jonction imparfaite des deux coquilles ; on enlève facilement ces inégalités en râpant le projectile à chaud.

Examen des
boulets à la sortie
des coquilles

Les projectiles pleins, moulés par ce procédé, ne sont pas sphériques, quoique la réunion des coquilles offre une sphère parfaite.

Toutes les fois qu'on veut obtenir des boulets sphériques en sortant des coquilles, il faut donner au vide intérieur de celles-ci, un diamètre horizontal plus grand que le diamètre vertical ; cette précaution n'est plus nécessaire à Hayange, parce que les projectiles pleins sont rebattus principalement sur la couture, ce qui les rend parfaitement sphériques.

162. Les boulets ne peuvent être employés tels qu'ils sortent des moules, parce que les aspérités dont ils sont recouverts altéreraient promptement l'ame des pièces ; et que souvent, ces inégalités plus considérables que l'évent, empêcheraient de pouvoir charger les canons pour lesquels les boulets auraient été coulés.

Battage des
boulets.

Pour faire disparaître ces défauts, on soumet les projectiles à l'action d'une machine, qui n'est qu'un martinet auquel on donne le nom de *batterie* ou *rebatte*.

Une machine à battre ne diffère d'un martinet ordinaire que par son enclume et son marteau (1), dont les surfaces sont creusées en segment de sphère, d'une flèche égale au tiers du diamètre du boulet que l'on rebat.

163. *Poids des marteaux.* On a des marteaux et des enclumes pour chaque calibre ; le poids de l'enclume est indifférent, il n'en n'est pas de même de celui des marteaux.

Poids des marteaux.	Pour les boulets du calibre de
60 kilogr.	24.
40	16.
30	12.
25	8.
20	6.
15	4.

164. *Travail.* Un marteau à battre doit être servi par un maître et deux aides ; ces trois ouvriers travaillent six heures, et sont relevés par d'autres ; leurs outils sont :

- 1°. Le grappin.
- 2°. La pince.
- 3°. La lunette à chaud.
- 4°. La râpe à chaud.
- 5°. La tenaille.

(1) Construction d'un martinet : sidérotechnie, tom. 3, pag. 232, planch. 50.

Traité du fer et de l'acier (Manson), pag. 74, planch. 8°.

L'opération du battage est précédée du chauffage des boulets, afin de les attendrir et de les rendre plus faciles à travailler. On chauffe les boulets dans un fourneau à reverbère dont la sole est inclinée au sixième, sa longueur est de 7^m. environ; les autres dimensions varient selon le calibre des boulets qu'on chauffe, savoir :

Pour les boulets du calibre de		Hauteur.	Largeur.
		_____	_____
Dimensions intérieures des fourneaux.	24	^{m.} 0,46	^{m.} 0,51.
	16	0,40	0,48.
	12	0,32	0,37.
	8		
	6		
	4		

Le foyer se trouve sur la partie latérale et à une distance de 0^m,65 du devant du fourneau; son ouverture est un carré de 0^m,26; l'ouverture du cendrier, qui est au-dessous, est de 0^m,80 de hauteur et de 0,40 de largeur.

Les boulets sont introduits dans le fourneau par une porte placée au point le plus élevé de la sole; ils restent exposés à l'action de la flamme pendant trois heures environ; au bout de ce temps, on les retire par une porte opposée en faisant usage du *grappin*; puis on les enlève avec la *pince*, pour les livrer au râpeur.

On profite de l'état de molesse de la fonte pour

enlever la couture des boulets avec la *rape* ; l'opération est terminée lorsque les projectiles passent librement dans la *lunette à chaud*.

Pendant le travail du râpeur, le projectile passe du blanc au rouge, état convenable pour être battu sans casser.

Le batteur tient le boulet avec la tenaille ; il le retourne continuellement pour présenter tous les points de la surface du projectile à l'action du marteau, ayant soin cependant d'exposer la couture à un plus grand nombre de coups que les autres points ; sur la fin du travail il asperge d'une petite quantité d'eau, le projectile encore chaud, pour lui donner du brillant ; ou bien on fait arriver un filet d'eau sur le projectile pendant son battage.

On demande que chaque projectile reçoive 120 coups de martinet ; mais ces conditions ne peuvent être exigées, puisque le nombre de coups doit dépendre 1°. de l'habileté de l'ouvrier ; 2°. de la dureté plus ou moins grande de la fonte.

165. *Effets du battage.* Les effets du battage sont de rendre les projectiles plus sphériques, plus homogènes, plus denses, de leur donner une surface plus polie, et de s'opposer ainsi à leur oxidation, enfin de faire casser ceux qui auraient des chambres (1).

Malgré les avantages incontestables que présente

(1) On donne le nom de chambres à des vides qui se forment dans l'intérieur des masses métalliques.

le battage, cette opération n'est pas généralement pratiquée. Dans l'arrondissement des forges de l'ouest (1), on fait usage d'un cylindre en fonte qui est mis en jeu, sur son axe, par la force de l'eau.

La longueur du cylindre est de 1^m,15 et son diamètre de 0^m,65. On y introduit à la fois 60 boulets du calibre de 8, ou 45 de 12.

On met le cylindre en mouvement, et, au bout d'une heure, on en sort les projectiles qui sont sphériques et polis : ceux dont la sphéricité n'est pas parfaite sont les seuls qu'on rebute.

166. Les boulets, au sortir des coquilles, sont souvent chargés de défauts que le battage fait découvrir ; mais comme les ouvriers ont intérêt à cacher ces défauts, ils bouchent les cavités avec du fer forgé, ou de la fonte donc chaude qu'ils appliquent à coups de marteau, en sorte qu'il devient difficile d'apercevoir les défauts ainsi masqués.

Service
de l'officier.

Les réglemens s'opposent expressément à cette réparation à cause des inconvéniens qu'il importe de signaler.

1^o. C'est que dans les transports les projectiles peuvent, par le choc, perdre les morceaux ajoutés, ou ceux-ci peuvent seulement se détacher à demi.

2^o. C'est que les projectiles, que l'on conserve

(1) Aux forges de Conches près d'Evreux (Eure).

dans les arsenaux, s'oxident ou se carient principalement aux endroits réparés.

L'emploi de l'eau ayant seulement pour objet de parer la surface du boulet, il semblerait qu'on devrait s'opposer à laisser arriver le liquide en abondance sur le projectile durant son battage, puisque le refroidissement qu'il éprouve change les propriétés de la fonte (n°. 144) et l'expose à être cassée par le choc.

L'officier décidera lequel des deux moyens il conviendra d'employer, en faisant casser un boulet mouillé pendant toute la durée du battage; si l'intérieur du projectile présente un aspect blanc, et que sa cassure soit facile à opérer, il fera supprimer l'arrosage continu pour le remplacer par l'aspersion (1).

(1) Instruction relative aux forges de l'artillerie, du 23 mars 1775.

NEUVIÈME LEÇON.

De la fabrication des projectiles creux : *Nature de la fonte. — Objets nécessaires au moulage. — Moulage d'un obus. — Préparation de la terre. — Arbre à noyaux. — Fabrication des noyaux. — Leur vérification. — Leur placement dans les moules. — Nettoyement des obus. — Moulage d'une bombe. — Instrumens nécessaires pour ce moulage. — Et réception des projectiles.*

Des flasques des affûts de mortiers : *Qualité de la fonte. — Moulage en terre. — Modèle. — Moule. — Coulée. — Moulage en sable. — Objets nécessaires pour ce moulage. — Mode d'exécution. — Avantage de ce moulage. — Ses inconvénients. — Améliorations du procédé. — Vérification et réception des flasques. — Surveillance de MM. les officiers dans les forges.*

167. La fabrication des projectiles creux est la même que celle des boulets pleins, que l'on coule en sable, à l'exception cependant qu'on est obligé de ménager un vide intérieur, et que, pour les bombes, il faut leur donner des mentonnets à anneaux.

De la fabrication des projectiles creux.

Nature de la fonte. D'après la forme et l'usage des projectiles creux, ils ne peuvent être coulés en fonte blanche, parce qu'elle est trop cassante : on est donc obligé d'avoir recours à la fonte grise dure.

168. *Objets nécessaires au moulage.* Les objets

et les outils dont nous avons parlé au moulage en sable des projectiles pleins (n°. 156), servent au moulage des projectiles creux. Il faut de plus les objets qui suivent :

- | | |
|--|---|
| 1°. De la terre à noyaux. | 9°. Des fraises. |
| 2°. Des arbres à noyaux. | 10°. Des rondelles de vérification à chaud. |
| 3°. Du foin en corde. | 11°. Des trépieds. |
| 4°. Un tour à noyaux. | 12°. Des tourne-à-gauches. |
| 5°. Des planches échantillonnées. | 13°. Un chantier en chêne. |
| 6°. Un baquet d'eau noire. | 14°. Des ciseaux droits et courbes. |
| 7°. Des lunettes à noyaux. | 15°. Des tourne-gueules. |
| 8°. Des calibres pour noyaux de l'œil. | 16°. Des équarrissoires. |

Moulage d'un obus.

169. La forme extérieure du projectile étant obtenue dans le sable, comme celle du boulet plein (n°. 159), il ne reste plus qu'à placer un noyau pour former le vide intérieur, opération qui est commune à tous les projectiles creux.

170. *Préparation de la terre.* La terre destinée au moulage des noyaux doit être argileuse et exempte de gravier.

Pour la préparer, on la pulvérise à la dame, on l'arrose avec de l'eau ordinaire, et on la pétrit avec les pieds, jusqu'à ce qu'elle acquière la consistance d'une pâte assez dure; en pétrissant ainsi la terre, on y incorpore du crotin de cheval qui en augmente la ténacité; les proportions sont :

Terre. 2	} Parties.
Crotin 1	

On juge de la bonne préparation de la terre,

lorsqu'en la malaxant, elle s'allonge sans se gercer.

Arbres à noyaux. L'arbre à noyau est une verge de fer sur laquelle on distingue trois parties principales.

1°. La partie supérieure, qui est cylindrique, et qu'on nomme la *queue*; son extrémité est aplatie pour recevoir le carré d'une manivelle qui sert à imprimer à l'arbre un mouvement de rotation, dans l'opération du moulage du noyau. La queue porte, à une certaine hauteur, une montaise destinée à recevoir une clavette, pour suspendre le noyau dans le moule.

2°. La partie moyenne de l'arbre pourvue d'un renflement, qui est en cône tronqué tourné avec soin; il porte le nom de *bourrelet*: sa grande base a pour diamètre celui de l'extérieur de l'œil; c'est sous ce bourrelet qu'on moule le noyau de l'œil.

3°. La partie inférieure sur laquelle on forme le noyau, est un prisme carré: sa longueur est égale à la profondeur du vide du projectile moins quelques lignes.

On pratique dans la longueur de l'arbre une rainure qui passe sous le bourrelet; elle est destinée à servir d'évent, et à éviter les soufflures dans la fonte.

Fabrication des noyaux. Pour obtenir un noyau, on place l'arbre sur le tour; on garnit la base de l'arbre avec une corde de *foin*, pour servir de soutien à la terre qu'on y applique; on lui présente une première *planche échantillonnée* qui ébauche la forme du noyau, en enlevant l'excès de terre.

On fait sécher le noyau ainsi obtenu, on lui donne une seconde couche, et, après cette application, on lui présente, pour le terminer, une deuxième planche échantillonnée qui est le profil exact du vide du projectile.

Lorsqu'on a préparé un grand nombre de noyaux, on les porte à la *rôtisserie*, où ils subissent une cuisson qui en chasse toute l'humidité (1); après la cuisson, on les trempe dans le *baquet d'eau noire*, où on a délayé de la poussière de charbon et de l'argile; l'immersion faite, on laisse sécher à l'air.

Vérification des noyaux. Les noyaux, après avoir été passés au noir, sont calibrés par les tourneurs, qui s'assure de la justesse de leur forme; l'opération s'exécute à l'aide des *lunettes à noyaux*.

Les noyaux qui sont trop petits ne peuvent servir; ceux qui sont trop gros sont portés de nouveau sur le tour, pour être amenés au calibre exact par l'action d'un ciseau.

Placemens des noyaux. Le noyau se place dans la moitié supérieure du moule; on fait passer l'arbre dans un trou pratiqué dans la *barrette*, (barre en fer qui traverse le châssis supérieur); le noyau y est fixé par une clavette, à une hauteur convenable.

On rapproche les deux parties du châssis, et le noyau se trouve suspendu dans l'intérieur du

(1) A Hayange on a supprimé la *rôtisserie*, et les noyaux sont cuits au gueulard des hauts fourneaux.

moule, en sorte que la fonte ne doit remplir que l'espace libre entre la surface du noyau et celle du moule. Les moules étant obtenus, on procède au coulage (n°. 160).

Nettoyement de l'obus. L'obus étant moulé et encore rouge, on casse le jet, on enlève le châssis supérieur, on arrache l'arbre avec un tourne à gauche, on nettoie l'extérieur de l'œil avec une *râpe*, puis on y introduit la *fraise en fonte* pour mettre l'œil au calibre; on continue l'action de la fraise jusqu'à ce que l'œil ait ses dimensions, ce dont on s'assure par la *rondelle de vérification à chaud*.

Après cette opération, on porte l'obus sur le *trépied* pour lui enlever facilement avec des *râpes* la couture horizontale, les déchirures, ainsi que le sable qui adhère à sa surface.

Le projectile étant refroidi, on le porte sur le *chantier à vider*; on l'y fixe avec des coins, l'œil tourné vers le haut; dans cette position, on y introduit les *ciseaux droits* et les *ciseaux courbes*, pour détacher la terre qui formait le noyau; c'est encore pour détacher la terre qui est près de l'œil qu'on introduit le *tourne-gueule*. La terre étant désunie, on la fait sortir en renversant le projectile.

Pour terminer l'obus, il faut perfectionner l'œil en le rendant plus net; on se sert pour cette opération d'un *équarrissoir* en acier qui entame la fonte.

Moulage d'une
bombe.

171. La fabrication des bombes est la même que celle des obus ; mais, comme ces projectiles sont d'un poids plus considérable, on est obligé de leur donner des mentonnets à anneaux, pour les manier plus facilement ; ainsi tout ce qui a été dit sur le moulage en sable des projectiles pleins et sur la fabrication des projectiles creux, est applicable aux bombes ; et ce que nous avons à ajouter sera la différence qui existe dans le travail.

Instrumens nécessaires. 1°. Les modèles des mentonnets. 2°. Les anneaux.

Moulage des mentonnets. Pour obtenir le moule d'un mentonnet, on se sert de deux parties en cuivre qui, étant réunies, forment *le modèle* ; ces deux parties sont assemblées par des repères, elles portent chacune un tenon qui doit se loger dans des trous pratiqués sur la demi-sphère supérieure du globe-modèle.

L'anneau en fer devant flotter dans les trous des mentonnets, on enduit d'argile délayée la partie droite de l'anneau, et on le fait sécher.

On met en place les deux paires de modèles avec les anneaux garnis ; on tient ceux-ci dans une position verticale, et on continue le moulage comme celui d'un obus. Après avoir retourné le châssis supérieur, on enlève la demi-sphère, les modèles des mentonnets et les anneaux restent ; on les fait sortir en les saisissant par les tenons, et les anneaux demeurent engagés dans le sable.

Dans le coulage, la fonte liquide remplissant

tous les vides, les anneaux se trouvent saisis par la matière; en nettoyant la bombe, la terre des anneaux se dégage facilement, et alors ils ont tout le jeu qui leur est nécessaire.

172. Les instrumens qui servent à la réception Réception des
projectiles.
des projectiles sont :

- 1°. Des lunettes, grandes et petites.
- 2°. Des cylindres.
- 3°. Des compas courbes.
- 4°. Des vérificateurs pour l'œil.
- 5°. Une aiguille ou vérificateur du culot.

Boulets. Le diamètre de chaque boulet est vérifié par deux lunettes; l'une grande dans laquelle le projectile doit passer librement, l'autre petite où il doit s'arrêter. La différence des diamètres de la grande et de la petite lunette est de 0^m,0017 (9 points), pour tous les boulets.

Pour s'assurer de la parfaite sphéricité des boulets, on les fait rouler dans le cylindre de réception; ce cylindre est en bronze, il a pour longueur cinq fois le diamètre du projectile à la vérification duquel il sert; on lui donne une inclinaison de 0^m,055 (2 pouces), on le place sur une table pour faciliter l'opération, on y fait entrer les projectiles par l'extrémité la plus élevée, et ils tombent sur le sol par le côté opposé.

Si parmi les projectiles pleins que l'on présente, on en trouve un vingtième dont le diamètre soit

trop petit et sans autre défaut, on permet aux entrepreneurs de faire chauffer ce vingtième dans un brasier et d'y laisser refroidir les boulets; par cette opération ces projectiles augmentent un peu de diamètre; on ne tolère ce chauffage que deux fois sur chaque boulet.

Pour connaître si les projectiles pleins ont les poids voulus, on en pèse une vingtaine, pris au hasard; s'ils n'ont pas le poids, eu égard aux tolérances, ils sont rejetés; la légèreté des boulets prouve, ou que la fonte est de mauvaise qualité ou que ces boulets sont chambrés.

Enfin les boulets sont encore rebutés s'ils portent des cavités ou des soufflures de plus de 0^m,0045 (2 lig.) de profondeur.

Obus et bombes. Les projectiles creux que l'on présente à la réception, doivent avoir leur surface propre, sans aspérités ni soufflures, et l'intérieur doit être entièrement débarrassé de la terre du noyau.

Le diamètre des obus et des bombes se vérifie comme celui des boulets, avec deux lunettes, dont la différence dans les diamètres est de 0^m,0023 (1 lig.).

Les obus passent au cylindre de réception, comme les boulets, mais on ne donne à l'instrument qu'une inclinaison de 0^m,027 (1 pouce). Les mentonnets s'opposant à faire subir aux bombes la même vérification, on s'assure de leurs phéricité en présentant le compas courbe, principalement près des mentonnets.

La vérification de l'œil s'opère pour chaque projectile au moyen d'un instrument en fer, composé d'une petite tige portant un disque à chaque extrémité, l'un doit remplir exactement la partie inférieure de la lumière, et l'autre s'arrêter à la partie supérieure. Cet instrument est nommé *vérificateur de l'œil*.

Les obus et les bombes sont rebutés, s'ils ont plus de 0^m,0006 (3 points) en-dessus et en-dessous des dimensions de l'œil.

Pour connaître l'épaisseur des culots on a un instrument appelé *aiguille*, il est formé d'une tige cylindrique en fer, sur laquelle sont tracées les divisions d'un pied-de-roi, cette tige traverse, à angles droits, un curseur aussi en fer. On introduit l'aiguille verticalement dans le projectile, de manière que la partie inférieure repose sur le culot, puis on abaisse le curseur jusqu'à ce qu'il touche le grand diamètre de l'œil, et le point où il s'arrête sur l'échelle sert à indiquer l'épaisseur du culot.

Les obus et les bombes de 8 pouces sont rebutés, s'ils portent 0^m,0023 (1 lig.) en plus au culot. On ne passe rien en moins.

Les bombes de 10 et de 12 pouces sont également rebutées, si elles ont 0^m,0045 (2 lig.) d'épaisseur en plus au culot.

L'épaisseur des parois des projectiles creux se vérifie avec un compas courbe répétiteur.

Les obus et les bombes de 8 pouces sont rebutés, s'ils ont 0^m,0023 (1 lig.) d'épaisseur en plus ou

en moins aux parois. Les bombes de 10 et de 12 pouces le sont également, si elles ont 0^m,0045 (2 lig.) en plus ou en moins aux parois.

Pour s'assurer si les projectiles creux n'ont pas de chambres ou de fissures cachées, on les frappe avec un marteau principalement autour de l'œil et on reconnaît ces défauts par le son. Après cette percussion, on examine attentivement pour trouver les défauts décélés.

Les obus et les bombes sont rebutés, s'ils ont des chambres d'un peu moins de 0^m,0045 (2 lig.) de profondeur. Les bombes de 10 et de 12 pouces le sont également, si les soufflures ont plus de 0^m,0045 (2 lig.)

On termine la réception des obus et des bombes par la pesée d'un vingtième de ces projectiles que l'on vérifie, en les prenant au hasard et en les pesant par dix à la fois, pour s'assurer que chaque projectile est dans la limite prescrite des poids.

Les instrumens étant exposés à s'user dans le service, il faut en faire la vérification avant chaque réception.

On trouvera dans les ouvrages relatifs à l'artillerie, des détails sur la réception des fers coulés (1).

Des flasques d'affûts à mortiers.

173. Les flasques en fonte pour affûts de mor-

(1) L'aide mémoire, 5^e édit., pag. 472 et 756.
 Les mémoires d'artillerie de Schœel (2^e édit.), pag 120 et suiv.
 Instruction relative aux forges de l'artillerie (23 mars 1775).
 Dictionnaire de l'artillerie (M. le colonel Gotty).

tiers peuvent s'obtenir par le moulage en terre et par le moulage en sable ; on choisit pour cette fabrication la fonte grise douce et tenace.

Modèle. Pour faire un flasque en fonte, il faut avoir un modèle en pierre dure, de même forme que la pièce que l'on veut fabriquer, excepté qu'on n'y perce pas les trous pour les boulons d'assemblage. Du moulage
en terre.

Moule. Le modèle étant obtenu, on couvre sa surface d'une couche de cendres lessivées, délayées dans l'eau ; on fait sécher cette couche, on la recouvre, avec une autre de 0^m,06 à 0^m,07 d'épaisseur, composée de terre argileuse, mêlée de crotin de cheval (n^o. 170), que l'on fait sécher graduellement.

Les couches de terre, ainsi appliquées, forment le moule ; on le coupe en deux parties que l'on sépare pour faire sortir le modèle ; puis on réunit ces deux parties, et on a le moule propre à recevoir le métal.

Coulée. Pour remplir le moule, on le place dans une fosse pratiquée sur le devant du haut fourneau ; on surmonte le moule du flasque d'un moule de *masselotte* dont les bords sont au-dessous du trou de coulée ; on fait arriver la fonte par des rigoles, en lui donnant issue avec un ringard ; alors la fonte vient remplir les moules de flasque et de masselotte.

Le chef fondeur brasse la matière dans le moule, pour favoriser le dégagement des bulles d'air, dont la présence formerait des chambres dans le flasque.

Les impuretés d'une densité moindre que la fonte, restent dans la masselotte ; et la matière qui est contenue dans celle-ci, sert à comprimer la fonte qui doit former le flasque.

On abandonne au repos jusqu'à parfait refroidissement ; ensuite on déchausse le flasque, et on l'enlève avec une grue ; on détache la masselotte en la frappant à faux ; les déchirures qui en résultent, ainsi que la terre qui y est adhérente, se détachent avec des ciseaux d'acier trempé, et avec des poinçons aussi en acier ; on fouille dans les angles rentrants des embrevemens, enfin l'encastrement des tourillons doit être buriné exactement. Les flasques étant nettoyés peuvent être envoyés aux arsenaux (1).

Du moulage en
sable.

174. Le moulage en sable pour les flasques, n'a encore été tenté qu'aux forges de Hayange (Moselle), vers 1818.

Objets nécessaires. Les objets nécessaires pour son exécution sont :

- 1°. Un modèle en bois.
- 2°. Un châssis divisé en deux parties.
- 3°. Du sable à mouler.
- 4°. Enfin les instrumens ordinaires du mouleur.

Le modèle est composé de deux pièces, pour les flasques des affûts de 12 et 10 pouces, et d'une seule pièce pour ceux de 8 pouces.

(1) Des flasques de fer coulé pour mortiers.
Aide mémoire, 5^e. édition, pag. 758.

175. La division du modèle est faite de manière que chaque partie du flasque-modèle représente une surface plane d'un côté, et de l'autre la figure du flasque; en sorte que les deux parties, réunies par la surface plane, donnent exactement la forme du flasque.

Mode d'exécution. Pour mouler un flasque, on place une moitié de modèle sur une planche bien unie, on y apporte la moitié d'un châssis, on dispose en même temps le modèle du jet qu'on place sur le côté, entre l'assiette du flasque et l'encastrement de tourillons; ensuite on remplit avec du sable que l'on comprime fortement, puis on établit des évents.

Cette première partie étant moulée, on la retourne, on superpose la seconde partie du modèle qui porte des goujons de repère, puis on apporte l'autre moitié du châssis, on saupoudre la surface du sable avec du charbon pulvérisé, et on remplit encore de sable que l'on tasse comme le premier. Le moulage fini on sépare les deux châssis, on enlève les modèles et on rapproche les deux parties du moule que l'on remplit de fonte en faisant usage de la poche.

Avantages du moulage en sable. En comparant les deux moulages, on voit que le dernier est beaucoup plus simple que l'ancien, qu'il n'exige pas de masselotte qui augmente de beaucoup le prix des flasques moulés en terre, qu'il donne des pièces qui se dépouillent mieux et qui sont plus

belles : en effet, les flasques coulés en sable sont plus agréables à la vue, ce qui fait qu'au premier aspect on reconnaît le mode de moulage employé à leur fabrication.

Inconvénients. Les qualités extérieures des flasques ne sont pas celles auxquelles on doit s'arrêter : les flasques moulés en sable sont moins homogènes que les autres, à cause de leur prompt refroidissement à la surface. L'absence de la masselotte diminue la densité de la fonte, et les impuretés qui accompagnent la matière s'introduisent dans le moule, y forment des chambres, et en diminuent la ténacité.

Améliorations. Ces inconvénients feront sans doute exiger plus tard, des modifications au nouveau mode de moulage, dont les principales seront :

1°. D'ajouter un peu plus d'argile au sable à mouler ;

2°. De chauffer fortement les deux parties du moule avant leur réunion ;

3°. D'établir une masselotte.

Réception des
flasques.

176. Les flasques sont examinés et reçus dans les arsenaux, en leur présentant d'abord un *gabari* pour s'assurer de la forme qu'ils doivent avoir ; on recherche ensuite avec attention les crevasses ou les fissures, qu'on a soin de marquer avec de la craie, pour mieux les retrouver après l'épreuve.

On perce à froid les trous des boulons, et on

juge de la qualité du métal par la fonte divisée qui provient de cette opération. Les trous étant percés, on appareille les flasques, on les assemble, et on les conduit au champ d'épreuve.

Epreuve. Selon la manière d'éprouver les flasques, on monte le mortier sur son affût, placé sur une plate-forme, bien dressée; on tire trois coups de suite à 60° et à chambre pleine; après l'épreuve, on vérifie les flasques, principalement aux endroits qui avaient été indiqués avec de la craie; si les fissures et autres petits défauts ne sont point agrandis, les flasques sont reçus; on marque leur poids près des encastremens des tourillons, et ils sont portés sur l'état de la direction.

On examinera souvent le travail des fourneaux, Service de
l'officier. afin de s'assurer que les proportions des minerais, des fondans et du charbon soient toujours dans un rapport convenable pour obtenir des fontes d'une qualité invariable. On s'opposera, dans le même but, à l'introduction de nouveaux minerais avant d'en avoir fait l'essai.

Lorsque la fonte grise séjourne long-temps dans le creuset, elle y prend les caractères de la fonte blanche par le contact de l'air qui détruit une grande partie de son charbon: aussi quand le creuset ne contient plus qu'une petite quantité de matière, il faut la faire employer à un autre usage qu'à celui de l'artillerie. On doit également faire couler la gueuse, au moins une fois par semaine, et vider entièrement le creuset pour le nettoyer.

Enfin, lorsqu'on coule en projectiles creux, il

faut vérifier, avec des lunettes, le calibre de tous les noyaux avant leur placement dans les moules.

Les noyaux qui refusent de passer dans leurs lunettes, sont renvoyés aux tourneurs. Ceux qui sont jugés trop petits sont brisés immédiatement, afin que les ouvriers ne puissent plus les représenter.

DIXIÈME LEÇON.

Du caffût et de la blocaille. — Description des fourneaux à reverbère. — Travail des fourneaux. — Théorie de l'opération. — Avantages de la deuxième fusion. — Description des fourneaux à manche. — Travail de ces fourneaux. — Description d'un fourneau proposé pour refondre le caffût. — Description des fourneaux à vent. — Travail. — Théorie de l'opération. — Usage des fourneaux à vent.

Du caffût. 177. Dans les arsenaux, on donne le nom de caffût à des morceaux de fer cru qui proviennent des objets en fonte qui ont été cassés, ou mis hors de service, par défaut de dimensions.

De la blocaille. On trouve dans le commerce, sous le nom de blocaille, des éclats de fonte provenant de la sablerie, des chaudières, des fourneaux ou d'autres pièces en fonte qui ont été cassés.

On comprend encore sous le même nom, dans les forges, les jets, les masselottes et la grenaille provenant du bocardage des laitiers riches.

Le caffût et la blocaille peuvent avoir deux destinations.

1°. Etre refondus pour leur donner une nouvelle forme.

2°. Subir l'opération de l'affinage pour en obtenir du fer forgé, ou de l'acier.

La deuxième fusion des fontes s'opère dans trois sortes de fourneaux : à reverbère, à manche ou à vent.

178. Les fourneaux à reverbère sont ceux dont on se sert dans les fonderies, pour jeter en moule de grandes pièces, telles que des *tuyaux de conduite*, des *cylindres pour laminoirs*, des *roues hydrauliques*, des *volans*, des *canons pour la marine*, des *arcs de ponts*, des *statues*, des *obélisques*, etc. Rarement ces fourneaux sont employés à la fabrication de petits objets.

Fourneaux à
reverbère.

La capacité de ces fourneaux varie selon la quantité de fer cru que l'on veut liquéfier ; les fourneaux qui fondent 45 à 50 quintaux doivent avoir les dimensions suivantes :

Longueur intérieure.....	3,30 à 3,60.
Largeur id.....	0,90 à 1,00.
Hauteur id.....	0,80 à 0,85.

L'inclinaison de la sole varie entre les deux et les trois dixièmes de la longueur.

La construction de ces fourneaux se trouvant détaillée dans les ouvrages de Jars, de Monge, de Lampadius et de M. Hassenfratz, nous nous dispenserons de la décrire ici.

En Angleterre, la deuxième fusion s'opère dans des fourneaux qui diffèrent des nôtres, en ce que

la sole s'établit dans une caisse en fonte , que l'on remplit d'une brasque composée de charbon, de sable et d'argile.

Après avoir tassé la brasque , on y pratique un plan incliné pour la sole ; le reste de la construction est la même que celle d'un fourneau ordinaire (1).

Travail. On flambe le fourneau avec du bois blanc , pour le faire sécher , mais son chauffage s'opère avec de la houille non épurée. On a soin de fermer toutes les ouvertures , excepté celles du foyer et de la cheminée ; alors la fonte entre promptement en fusion.

Si on avait de petits objets à couler , on remplirait les moules avec une poche garnie d'argile , en puisant la matière par le regard ; mais si les pièces sont de grandes dimensions , on donne issue à la matière en ouvrant le trou de coulée ; alors la fonte liquide coule des rigoles dans les moules préparés pour la recevoir ; ou bien encore on fait écouler la matière dans un grand chaudron que l'on transporte avec une grue pour remplir les moules.

Théorie de l'opération. Les fourneaux à reverbère conviennent pour liquéfier les fontes très-grises , parce qu'elles contiennent beaucoup de charbon , que l'oxygène de l'air se combine avec lui , et que la fonte , en perdant de l'excès de son charbon , se rapproche davantage de l'état métallique et devient plus tenace et plus homogène.

(1) *Annales des arts et manufactures*, tom. 14, pag. 226.

Le traitement des fontes blanches et des fontes grises dures, par le fourneau de reverbère, ne réussit pas aussi bien, à cause que l'oxygène de l'air ne pouvant se porter sur le charbon, oxide le métal et augmente la propriété cassante de la fonte.

179. On observe assez généralement que les objets coulés avec une fonte de deuxième fusion ont une surface plus unie, et que les formes et les dimensions paraissent plus exactes que celles des fontes que l'on obtient d'une première fusion.

Avantages de la deuxième fusion.

Les qualités des fontes de deuxième fusion ont été l'objet de discussions assez longues, lorsqu'en 1812, il s'est agi de choisir la fonte pour couler les tuyaux de conduite des eaux du canal de l'Oureq. M. *Ducet* et plusieurs autres ont prétendu que la fonte de deuxième fusion jouit d'une ténacité moindre que celle de première, et qu'en outre il est plus facile aux fournisseurs de livrer de la fonte de qualité médiocre, par l'impossibilité où on sera de connaître la nature du minéral qui l'aura fourni.

Le conseil des mines fut prié par l'administration des ponts et chaussées, de donner son avis sur l'opinion de M. *Ducet* ; M. *Hassenfratz*, chargé de ce travail, l'a publié (1).

En résumant tout ce qui a été dit, on voit :

1°. Que les fontes refondues qui demeurent carburées sont les plus résistantes et sont moins oxydables que les fontes blanches ;

(1) Journal des mines, tom. 33, pag. 81, ou Annales des arts et manufactures, tom. 47, pag. 229.

2°. Que les moyens à employer, pour vérifier la bonté des pièces coulées, sont l'action de la lime, du foret et d'un acide; ce dernier déterminant l'état de carbonisation d'une fonte.

Indépendamment de ces moyens, les tuyaux de conduite doivent être soumis à des épreuves, par la pression de l'eau qui indiquera la résistance des parois en fonte (1).

Les minerais, réduits par le coak, donnent des fontes surcarburées qui sont traitées avec avantage aux fourneaux à reverbère; et les beaux objets coulés en fonte, en Angleterre, proviennent d'une deuxième fusion de la fonte qui est toujours le résultat du traitement primitif des minerais par le coak.

Toute la marine anglaise est armée de bouches à feu dont la matière est le produit du minéral de fer réduit par la houille épurée. Tous les projectiles anglais sont faits avec la dernière perfection; leur beau poli n'est dû qu'à l'homogénéité de la matière, résultat de la deuxième fusion (2).

La seconde fusion d'une fonte très-grise, loin de détruire la douceur du métal, le réduit à cette juste proportion qui, en même temps qu'elle donne plus d'uniformité dans les parties constituantes de

(1) Annales des arts et manufactures, tom. 48, pag. 221.

(2) En 1821, M. le général Tirlet a donné à l'école d'application un boulet de 8 provenant d'essais faits aux forges de Niederbron (Bas-Rhin). Ce projectile ne le cède en rien à ceux des anglais.

la fonte, les rapproche de manière à en augmenter considérablement la ténacité.

180. Réaumur a donné le premier la construction de petits fourneaux à l'aide desquels on peut opérer la deuxième fusion des fontes (1). Ces fourneaux sont encore employés par les fondeurs ambulans, qui fondent la blocaille, en plein air, dans les villes ou dans les campagnes; ils ont été agrandis depuis, et on les rencontre dans les forges et dans les ateliers des fondeurs en fer, où ils sont connus sous les noms de *manche*, de *calbasserie* ou de *Wilkinson*. Fourneaux à manche.

Les fourneaux à manche employés à la deuxième fusion varient de forme, ils sont prismatiques ou cylindriques extérieurement; intérieurement, ce sont, tantôt des cylindres, tantôt des cônes tronqués droits ou renversés. On les élève en briques ou en pierres réfractaires, taillées selon la coupe que l'on veut leur donner; mais ordinairement on construit ces fourneaux en argile apyre ou en sable infusible; cette dernière construction est la seule à laquelle nous nous arrêterons.

On distingue deux parties dans ces sortes de fourneaux :

1°. L'*Enveloppe*; 2°. la *chemise* ou le *massif*; l'enveloppe est métallique, elle est destinée à contenir le sable de la chemise.

Pour former l'enveloppe, on a besoin de quatre

(1) Art d'adoucir le fer fondu, deuxième mémoire; pag. 408, planch. 13°. et 14°. Année 1742.

ou de huit plaques en fonte, selon qu'on veut donner au fourneau la forme d'un prisme quadrangulaire ou octogone. Dans le premier cas, deux plaques de l'enveloppe portent des oreilles qui servent à les assembler, au moyen de boulons ; dans le deuxième, les huit plaques sont maintenues par deux ou trois étriers octogones. Une des plaques porte une ouverture pour le trou de coulée ; celle qui lui est opposée en a une ou deux pour les tuyères.

On assemble l'enveloppe sur une plaque de fond ; et, après y avoir mis une couche de sable de 0^m,2, on y introduit un modèle pour obtenir le vide intérieur ; le modèle a la forme d'un cône tronqué, il est composé de planchettes assemblées à clous perdus, sur deux fonds en chêne, et dont on enlève les aspérités par le secours du rabot. On place une poignée à la partie supérieure de ce modèle, afin de pouvoir le manier aisément.

Pour mouler le vide intérieur, qu'on nomme le *laboratoire*, on dispose le modèle verticalement dans l'axe de l'enveloppe, on tasse du sable légèrement humecté autour de ce cylindre, en ayant soin d'y introduire des modèles en cônes tronqués pour la porte et les trous de tuyère ; lorsque l'enveloppe est remplie de sable, le fourneau se trouve moulé ; on enlève les modèles et on flambe l'intérieur graduellement pour faire sécher la construction ; le calorique se propageant du centre à la circonférence, force l'humidité contenue dans le sable à s'échapper en vapeurs. Après avoir

flambé la chemise, on augmente le feu jusqu'à ce que l'intérieur passe au rouge-blanc. Cette cuisson indispensable étant terminée, on peut procéder au travail.

Le sable est de même nature que celui qu'on emploie au moulage des projectiles (n°. 157); on doit essayer sa propriété réfractaire en l'exposant à une haute température (n°. 41).

Deux hommes peuvent exécuter ce fourneau en deux heures de temps.

181. *Travail.* Pour commencer le travail, on met du charbon de bois dans le fourneau, jusqu'à la hauteur des tuyères, et on l'allume. Ensuite on remplit le vide restant avec du charbon de terre épuré : le charbon diminuant de volume par la combustion, il en résulte un nouveau vide à la partie supérieure, qu'on a soin de remplir par des charges à mesure qu'il se forme; une charge se compose de blocaille et de houille épurée.

La première charge étant faite, on bouche le trou de coulée, et on met en jeu les soufflets dont les buses aboutissent à la tuyère inférieure; la fonte et le peu de laitier qui se forme devenant liquides, remplissent le creuset, montent à la première ouverture de tuyère que l'on bouche à cette époque avec de la terre gâchée.

On reporte ensuite les buses à la tuyère supérieure, et on continue le travail.

Lorsque le laitier et la fonte arrivent à la deuxième ouverture, on donne issue à la matière pour remplir les moules. Après cette première

coulée, on continue à charger le fourneau. Toutes les deux heures et demie on fait une coulée, et le fourneau peut durer sept à huit jours.

En général, la durée d'un fourneau est en raison de la propriété réfractaire de la substance dont la chemise est formée.

Tels sont la construction et le travail du fourneau de deuxième fusion établi aux forges de Creutzwald (*Moselle*), dont on trouve les détails dans un mémoire particulier déposé à la bibliothèque de l'école d'application (1).

Théorie. Dans les fourneaux à manche, les fontes se trouvent en contact avec le charbon fossile ou végétal, en sorte que le métal ne peut s'oxyder; d'après cela, on voit que les fontes blanches et grises dures peuvent être refondues avec avantage dans ces sortes de fourneaux, tandis que ceux à reverbère conviennent particulièrement aux fontes carburées.

Fourneau 182. La simplicité de ce dernier fourneau l'avait
proposé pour fait proposer, soit pour couler les projectiles en
fondre le caffût. campagne, soit pour utiliser le caffût dans les ar-
senaux.

Pour en rendre la construction plus commode, on remplaçait les plaques de fonte de l'enveloppe par des madriers, et le vent était fourni par les soufflets de deux forges de campagne, ou, dans les arsenaux, par celui d'une forge permanente (2).

(1) 13°. carton, pièce 9°.

(2) Voyez les détails dans le mémoire cité.

Des expériences ont été commencées à l'arsenal de Metz, et on a remarqué :

1°. Que le sable réfractaire remplissait bien l'objet.

2°. Que l'enveloppe avait été charbonnée intérieurement et n'aurait pu résister à plusieurs jours de travail.

3°. Que le caffût soumis à l'essai s'était rassemblé en une masse pâteuse au fond du fourneau, dont la température n'était pas assez élevée pour donner à la fonte la liquidité demandée, refroidissement qui était dû à la faiblesse du vent de deux anciens soufflets et à l'humidité du sol.

Les mêmes expériences ont été répétées à la fonderie de Toulouse, et les succès qu'on y a obtenus prouvent que la fusion du caffût s'opère très-bien dans les fourneaux moulés en terre réfractaire, en employant, pour l'airage deux soufflets de forge de campagne à double courant d'air.

Les avantages que présentent les fourneaux à manche les feront sans doute employer par l'artillerie, dans quelques circonstances, puisque le succès en a été reconnu à Toulouse, et dans beaucoup de fonderies civiles qui brûlent à volonté du charbon fossile ou végétal.

Ce n'est donc plus un problème que de pouvoir refondre des projectiles dans un foyer alimenté par deux soufflets de forge de campagne. On aura l'attention de former l'enveloppe en tôle, alors le fourneau sera cylindrique ; ou bien on fera usage de briques ou de pierres qui résistent au feu.

Fourneau à vent 183. Le troisième fourneau employé à refondre le fer cru, est le même que celui que l'on rencontre dans les ateliers des fondeurs en cuivre; il se compose d'un cendrier, d'un foyer, d'un autel et d'une cheminée; le foyer est fermé par une portière inclinée, en briques (1).

Travail. Les matières à liquéfier sont cassées en petits fragmens et placées dans des creusets d'argile qu'on apporte d'abord sur l'autel pour les préparer à l'action d'un grand coup de feu; puis on les introduit dans le foyer; on remplace ces premiers creusets, sur l'autel, par de nouveaux, en sorte que les uns s'échauffent, tandis que la fusion s'opère dans les autres.

Théorie. Les fontes ne changent pas de nature par la fusion dans les creusets; cependant, si les fontes grises restaient long-temps en fusion, elles perdraient une partie de leur charbon.

Usage. Les fourneaux à vent ne sont employés que pour fondre de petites quantités de matières; on peut y liquéfier jusqu'à 12 ou 15 kilogrammes de fer cru.

(1) Coupe du fourneau à vent : annales de chimie, tom. 28. Sidérotechnie, planch. 38, fig. K.

CHAPITRE TROISIÈME.



ART DE L'AFFINEUR ET TRAVAIL DU FER

DANS LES GROSSES FORGES.

ONZIÈME LEÇON.

Emplacement et construction d'une forge. — Nomenclature et dimensions de ses parties. — Position de la tuyère. — Désignation des instrumens de l'affineur. — Théorie de l'opération. — Exemples. — Description d'un ordon à drôme. — Marteau. — Enclume. — Soufflets.

Premier procédé. *Méthode à la française : Loupe — Pièce. — Travail dans les chaufferies. — Crénelée. — Maquette. — Barre. — Corroyage. — Méthode allemande. — Comparaison des deux méthodes. — Nombre d'ouvriers employés.*

Deuxième procédé. *Méthode catalane : Opération. — Choix des minerais qu'on peut traiter par cette méthode. — Inconvéniens de ce mode.*

Troisième procédé. *Affinage styrien : Etat de la fonte. — Traitement avant l'affinage.*

Quatrième procédé. *Méthode bergamasque : Description et théorie du travail. — Affinage styrien.*

ART DE L'AFFINEUR.



184. Une forge d'affinerie doit être placée sur un terrain horizontal, et avoir un cours d'eau capable

Emplacement
et construction
d'une forge.

de mettre en jeu un marteau et des machines soufflantes, qui sont ordinairement des caisses en bois.

Le foyer doit reposer sur une maçonnerie d'un mètre au moins d'épaisseur; si le sol est marécageux, les fondations doivent être placées sur pilotis, ou sur une double grille en bois; la maçonnerie doit être pourvue d'un canal pour laisser écouler l'eau, et favoriser la sortie des vapeurs aqueuses.

Nomenclature
et dimensions
des parties d'une
forge.

185. La sole ou la surface du foyer est en maçonnerie, quelquefois garnie de plaques de fonte.

La partie antérieure du foyer est ouverte dans sa longueur, afin qu'on puisse en approcher commodément; on la nomme *face de travail*.

Le côté des soufflets est appelé *face de tuyère*; le côté opposé *contrevent*, et le derrière *la rustine*.

Les faces de tuyère, de contrevent et de rustine sont fermées par des murs qui servent de soutien à la cheminée qu'on élève plus ou moins.

Le creuset est une cavité circulaire ou quadrangulaire, pratiquée dans le massif, ses bords sont sur le même plan que la sole; c'est dans le creuset que s'exécute toute l'opération. Si le creuset est circulaire, il est fait en briques; s'il est quadrangulaire, il se compose de cinq plaques que l'on distingue par les noms qui suivent.

Plaques de, ...	{	fond.
		tympe, chio ou lintrol.
		rustine.
		tuyère.
		contrevent.

Toutes ces plaques sont pleines ; celle du chio seule est percée de deux ou de trois trous de 0,02 à 0^m,03 de diamètre, et à des hauteurs différentes ; ils sont destinés à laisser écouler les scories liquides qui nagent sur le bain.

La capacité du creuset n'est pas la même dans toutes les forges, et les dimensions pour la maçonnerie ne varient pas moins. Dans le département de l'Isère, les creusets des affineries sont quadrangulaires, et leurs dimensions sont les suivantes :

Profondeur du creuset.	^{m.} 0,55
Largeur sur la face de tuyère.	0,70
Idem id. de chio.	0,60
Saillie de la tuyère	0,15

Dans le département de la Moselle (Hayange), les dimensions de toutes les parties d'un feu d'affinerie sont les suivantes :

Maçonnerie.	{	Profondeur sur les quatre faces.	^{m.} 3,00
		Hauteur du massif, prise au-dessus du sol.	0,30
		Corps du fourneau.	2,00
		Hauteur de la cheminée.	7,00
Creuset.	{	Profondeur.	^{m.} 0,20
		Largeur sur la face de tuyère.	0,70
		Idem id. de chio	0,54
		Saillie de la tuyère	0,07

186. La tuyère en dirigeant son vent dans le foyer, a un double but ; le premier d'élever la température, le second de changer l'état de la fonte. Considérée sous ce dernier rapport, la tuyère doit avoir une position analogue à ce qu'on se pro-

Position de la
tuyère.

pose. Si l'on fait arriver la gueuse sur le contre-vent, la tuyère se loge dans le milieu du creuset ; mais si l'on présente la gueuse parallèlement au contrevent et sur la rustine, la tuyère doit se placer plus près de cette dernière, afin d'opérer plus promptement la fusion de la fonte.

La tuyère doit aussi être plus ou moins inclinée, et plus ou moins élevée au-dessus du fond du creuset, selon la nature de la fonte.

Si la fonte à affiner est grise, on donnera une forte inclinaison et peu de hauteur au creuset ; si au contraire elle est blanche, ou se rapprochant de cette dernière, la tuyère se placera plus ou moins horizontalement, et on donnera plus de profondeur au creuset.

Désignation des instrumens. 187. Les instrumens qui servent à l'affineur sont les suivans :

Deux pelles, l'une pour charger, l'autre pour rassembler le feu.

Une écuelle pour arroser le foyer.

Deux ringards, l'un pour lâcher le laitier, l'autre pour avaler la fonte.

Un crochet pour tirer la loupe hors.

Une ou deux masses pour fouler la loupe.

<i>Quatre paires de tenailles</i>	{	les écrevisses.
		la cinglette.
		à coquilles.
		à maquettes.

Un hachard.

Théorie
de l'affinage.

188. Pour se former une idée exacte de ce qui

se passe dans l'affinage, il faut se rappeler la composition de la fonte.

Nous avons déjà vu que les fontes ne sont que des mélanges de fer, de charbon, de laitier, de manganèse, etc. La quantité de ces matières varie selon la nature du minéral, des fondans et du combustible employé.

Pour amener le fer à l'état de pureté, il faut lui enlever les matières qui lui sont étrangères; on y parvient en brûlant le charbon de la fonte par l'air des soufflets, et en enchainant les oxides par des scories légères, ou par un sable fusible que l'on ajoute lorsque la fonte contient peu de laitier.

Le charbon se détruit par combustion; d'où il peut résulter deux composés gazeux: si les proportions de l'oxygène au charbon sont pour le premier 74, et 26 pour le second, il y a de l'acide carbonique formé: si le charbon est dans des proportions plus fortes, et qu'il soit à l'oxygène comme 52 est à 48, on obtient du gaz oxide de carbone. D'après *Berthollet*, il ne doit se former dans cette opération que du gaz oxide de carbone.

189. Les machines d'une affinerie sont l'*ordon* et les *soufflets*. Description
d'un ordon à
drôme.

L'*ordon* le plus généralement connu en France est celui dit à drôme, ainsi appelé à cause d'une forte pièce de bois qui porte ce nom. M. Borgnis, qui l'a classé dans les opérateurs par percussion, lui a donné le nom d'*ordon à soulèvement et à ressort*.

Les principales pièces d'un ordon à drôme sont :

1°. Le stoc et l'enclume.

2°. Le marteau, son manche et la hurasse.

3°. Les jambes et le ressort ou rabat.

4°. Le drôme porté par les attaches et le court-carreau.

5°. Enfin un arbre tournant portant des cames de soulèvement.

Du marteau et de l'enclume. Le marteau de l'ordon est en fonte, il repose sur une enclume de même nature; les formes de ces deux parties sont à peu près semblables, elles présentent dans les surfaces qui se regardent deux parallélogrammes.

Toutes les fontes ne conviennent pas pour couler les marteaux et les enclumes : il faut rejeter celles qui sont grises dures et même les grises douces, parce que ces deux parties étant exposées à une haute température, s'affinent, ou se déforment, du moins dans la surface frappante et frappée. Il faut donc préférer la fonte blanche, malgré sa fragilité; on doit choisir la variété qui casse à grain, parce qu'elle est moins fragile que celle qui présente de larges facettes brillantes.

Les détails pour la construction de ces machines se rencontrent dans beaucoup d'ouvrages (1).

Des soufflets. 190. Un feu d'affinerie doit être servi par deux soufflets, afin d'obtenir un vent continu; ces deux

(1) Encyclopédie, arts et métiers, tom. 2, deuxième partie, pag. 610, planch. 1, 2, 3.

Sidérotechnie, tom. 3, pag. 194, planch. 46.

M. Berguis, composition des machines, pag. 423, planch. 25.

machines sont ordinairement des caisses en bois de forme pyramidale, qui ne diffèrent de celles qui sont employées aux hauts fourneaux que par des dimensions plus petites.

Dans ces derniers temps, on a imaginé des soufflets à pistons qui peuvent être sous deux formes, cylindriques ou quadrangulaires.

Les premiers sont composés d'un cylindre en fonte alézé intérieurement, et d'un piston mobile dont les bords garnis de cuir huilé remplissent exactement le contour; on trouve plus convenable d'avoir des tasseaux circulaires pour obtenir le même frottement (1).

Les soufflets en fonte sont dispendieux; c'est pourquoi on les a remplacés par des caisses quadrangulaires en bois, dont la construction plus simple en a propagé l'usage dans beaucoup de forges de France, où les opérations ne sont point soumises à l'influence d'une aveugle routine.

La fonte et le bois ne sont pas les seules substances employées à faire les soufflets à piston: on en a aussi monté en marbre. Pour la construction, les perfectionnemens et le jeu de ces nouvelles machines soufflantes, on peut consulter les ouvrages indiqués ci-dessous (2).

(1) *Sidérotechnie*, tom. 2, pag. 72, planch. 6.

(2) *Annales des arts et manufactures*, tom. 15, pag. 225, planch. 7; tom. 34, pag. 16, planch. 376; tom. 46, pag. 7, avec 3 planch.; tom. 47, pag. 113, planch. 579; tom. 51, pag. 47, planch. 620 et 621; M. Borgnis, composition des machines, pag. 392.

1^{er}. procédé. 191. *Méthode française.* Le creuset de la forge étant brasqué et garui de charbon, on fait arriver la gueuse horizontalement, sur des roulots, de manière que son extrémité soit toujours un peu au-dessus de la tuyère; on entoure la fonte avec du charbon et on allume; si la fonte ne contient pas assez de laitier, on en jette une pelletée sur les charbons; si, au contraire, elle en fournit trop par sa fusion, on fait écouler l'excédant par l'un des trous du chio qui correspond à la hauteur de la couche de cette substance liquide; sans cette dernière précaution, les scories monteraient et obs-trueraient la tuyère.

Les soufflets sont mis en jeu lentement d'abord, puis on accélère leur mouvement graduellement en donnant plus ou moins d'eau à la roue.

Lorsque l'intensité du foyer augmente, la fonte se ramollit peu à peu, entre en fusion, et tombe dans le creuset où elle se met en bain avec les laitiers. L'affineur a soin de tasser le charbon et d'empêcher la fonte de tomber en masse dans le creuset. La fonte, arrivée à l'état liquide, se dépouille des matières dont la pesanteur spécifique est moindre que la sienne. Ces matières constituant les scories liquéfiées, viennent nager sur le bain métallique, et empêcher la fonte d'être en contact avec l'air extérieur.

Le charbon de la fonte devant être brûlé par l'air des soufflets, il faut que l'affineur en favorise la combustion, en soulevant le métal avec son ringard, et en le ramenant au vent de la tuyère.

C'est cette opération qui est connue, en terme de forge, sous le nom d'*avaler la fonte*. L'affineur soulève continuellement la fonte, jusqu'à ce qu'elle devienne filandreuse, et perde, de la sorte, sa fluidité : c'est alors que l'ouvrier dit que la fonte *prend nature*.

Durant le travail, on brasse fortement dans le bain, pour forcer les molécules d'oxides de fer échappées à la réduction à entrer en combinaison avec le laitier fluide, qui est une sorte de verre dont la propriété est de dissoudre, non-seulement l'oxide de fer, mais celui de manganèse.

La fonte qui est dans le foyer, en se dépouillant du charbon, des oxides de manganèse et de fer, forme une masse qui augmente de volume avec le temps.

Loupe. Lorsque la masse a acquis un poids d'environ 30 à 45^l, on arrête le vent des soufflets, on fait écouler le laitier, et il devient facile à l'affineur de la sortir; on lui donne alors le nom de *loupe* ou de *renard*.

Aussitôt que la loupe est hors du foyer, on rassemble le feu, on donne le vent, et on continue le travail.

La matière de la loupe se compose de molécules de fer désunies par le laitier qui est interposé, ce qui fait qu'elle a peu de consistance; il faut donc en chasser le laitier mécaniquement, ce à quoi l'on parvient par la percussion du gros marteau. Avant de l'y soumettre, on en fait sortir, à coups de masses, la plus forte partie du laitier, afin de lui

donner une consistance qui permette de la transporter aisément : cette opération se nomme *fouler la loupe*.

Pièce. Après ce cinglage, la loupe prend le nom de *pièce* ; on la porte au feu pour lui faire perdre, par liquation, le laitier qu'elle retient encore ; et lorsqu'elle est arrivée au blanc, on l'étire, dans son milieu, en y faisant tomber la tête du marteau, ce qui lui donne en cet endroit la forme de barre.

On divise la partie équarrie, à l'aide d'une sorte de gros couteau, connu dans les forges sous les noms de *hachard*, *coupoir* ou *couperet* (1).

Pour opérer la section, on place le hachard à l'endroit convenable, puis on fait jouer la tête du marteau sur le dos de l'instrument, et le fer se divise en deux morceaux qu'on nomme *lopins* ; la partie équarrie sert à donner prise aux tenailles pour le travail suivant.

Travail dans les
chaufferies.

192. Le métal préparé à l'affinerie n'est que du fer impur, qu'il faut marteler encore, pour en exprimer les dernières portions des matières étrangères qui tiennent les molécules désunies ; cette opération s'exécute dans un autre atelier qu'on nomme *chaufferie*, dont la forge et le marteau sont semblables à ceux de l'affinerie.

Crenée. Pour continuer le travail du fer, on ap-

(1) Sidérotechnie, planch. 49, fig. D.
Traité du fer et de l'acier, planch. 13^e.

porte à la chaufferie, les lopins obtenus des pièces, mais le plus ordinairement les pièces provenant des loupes; on place la pièce dans le foyer, et lorsqu'elle est arrivée au blanc, on la saisit avec de fortes tenailles, pour la porter sur l'enclume; là elle reçoit dans son milieu l'action du marteau qui lui donne la forme d'une barre terminée par deux têtes ou masses; la pièce, dans cet état, prend le nom de *crenée* ou *d'encrenée*.

On porte la crenée au feu, pour amener l'une de ses têtes au blanc, et pour l'étirer en barre comme le milieu; ce travail fini, la crenée est appelée *maquette* (1).

Barre. Par une troisième chaude blanche, on étire la tête restante, comme la première, et la maquette prend la forme d'une longue barre, en état d'être livrée aux arsenaux et au commerce.

On voit donc que, dans le travail à la chaufferie, la percussion du marteau achève de purifier le fer, en expulsant les matières étrangères dont il était encore mêlé; puis elle rapproche en même temps par une forte compression toutes les molécules du métal.

193. *Corroyage.* Une partie du fer destiné au service des arsenaux subit dans les forges une préparation particulière qu'on nomme *corroyage* : l'opération consiste à chauffer au blanc plusieurs lopins, à les réunir pour les souder et en former

(1) Encyclopédie, arts et métiers, planch. 5, fig. 7.

Traité du fer et de l'acier, planch. 7.

Sidérotechnie, planch. 49, n°. 833.

une pièces que l'on travaille sous divers échantillons. Par cette préparation on augmente la ténacité de certains fers seulement.

Méthode
allemande.

194. Les opérations que nous venons de décrire, constituent le travail qui fut long-temps suivi en France, et qui n'est plus pratiqué que dans quelques départemens. En Allemagne, au lieu d'opérer l'affinage dans un foyer et d'étirer les subdivisions de la loupe dans un autre, toute l'opération se fait à un seul feu, dans un atelier qui porte le nom de *renardière*; ainsi l'affineur est également chauffeur et marteleur.

Les manipulations que l'on fait subir à la fonte pour la convertir en fer forgé, étant les mêmes dans les deux méthodes, nous renvoyons à ce qui a été dit (n^o. 192) (1).

Comparaison
des deux métho-
des.

195. Lorsqu'on affine le fer cru dans le même feu qui sert à l'affinage en barres, les pièces ne sont pas refroidies. Il en résulte donc une grande économie dans l'emploi du combustible, dans la main-d'œuvre, et il y a moins de fer brûlé. Il est prouvé que, lorsqu'on travaille à la française, on consomme un quinzième de fonte et un sixième de charbon de plus qu'en travaillant à l'allemande. Le travail à la française est donc moins économique que le travail allemand; aussi ce procédé a-t-il été abandonné dans nos forges, à l'exception cependant de celles de quelques départemens au nombre desquels on doit compter celui de l'Indre.

(1) Note de M. Bonnard, ingénieur des mines. Journal des mines, tom. 17, pag. 455.

Nombre d'ouvriers. Quel que soit le procédé suivi, le travail doit se continuer jour et nuit pour économiser le combustible; car si on laissait refroidir le foyer, il faudrait employer une certaine quantité de charbon en pure perte, pour le ramener à l'état de chaleur où on l'aurait laissé.

Le nombre des ouvriers varie selon le mode d'affinage adopté: lorsqu'on travaille à l'allemande, il faut un affineur sachant marteler, et un aide; si on pratique la méthode française, il faut de plus un marteleur et un gougeat. Ces ouvriers prennent du repos à des intervalles égaux.

Le nombre des ouvriers et la distribution de leur travail ne sont pas les mêmes dans toutes les forges, quoique la méthode en pratique y soit semblable; pour en donner une idée, nous comparerons ce qui s'exécute dans deux forges de la Moselle.

A Mouterhausen, le travail pour 24 heures est distribué entre six ouvriers; un affineur et un marteleur, forment une société qui se rechange à chaque 8 heures.

A Hayange, le travail pour le même temps se répartit aussi entre six ouvriers qui se rechargent à chaque 12 heures, trois ouvriers de jour, trois ouvriers de nuit. Ces six ouvriers sont tous affineurs et marteleurs; ils font chacun leur loupe et ses subdivisions, et travaillent pour leur compte particulier.

Voyez, pour les détails des procédés d'affinage à

l'allemande employés en France, les ouvrages indiqués au bas de la page (1).

II°. Procédé. 196. *Méthode catalane*. Les opérations exécutées en France, pour se procurer le fer forgé, ne sont pas les mêmes dans tous les départemens: ceux de l'Arriège, de l'Aude, des Pyrénées et plusieurs autres dont le sol abonde en minerais riches, ont un procédé particulier. On le nomme *méthode catalane*, parce qu'il nous a été apporté de la Catalogne.

La méthode catalane consiste à placer les minerais de fer dans le foyer d'une affinerie, au lieu d'y apporter la gueuse, et à convertir directement ces minerais en fer forgé.

Les minerais que l'on traite à la catalane sont ordinairement les fers carbonatés magnésiens (n°. 105).

On les dispose à cette opération par un grillage, après lequel on les réduit en morceaux de la grosseur d'une noix; ainsi préparés, on les expose aux intempéries de l'air pendant un an au moins; et l'expérience a fait voir que la fusibilité du minerai est toujours en raison de la durée de l'exposition à l'air.

Opération. Le foyer de la forge étant disposé comme pour l'affinage ordinaire, on apporte les minerais sur les charbons, on donne un faible degré de chaleur pour opérer la réduction; puis on

(1) Encyclopédie, arts et métiers, tom. 2, pag. 557.

Traité du fer et de l'acier, pag. 67.

Sidérotechnie, tom. 3, pag. 36.

fait un fort coup de feu, pour vitrifier les oxides étrangers, et pour en former un verre qui constitue les scories.

Les oxides vitrifiés sont ceux de magnésium, de silicium, de manganèse et de calcium. Cette vitrification favorise la réunion des molécules de fer, dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle des scories liquides : alors les molécules gagnent goutte à goutte le fond du creuset ; et comme elles ont été peu de temps en contact avec le charbon, elles prennent plus promptement nature que ne le fait la fonte ; aussi en forme-t-on de suite des loupes que l'on soumet à un étirage semblable à celui que nous avons décrit (n°. 191). Ces loupes portent le nom de *massés* ou de *massets*.

On les divise en deux parties sous le marteau, pour en rendre le travail plus facile, et les morceaux sont appelés *massoques*.

Choix des minerais. Tous les minerais ne peuvent pas être traités par la méthode catalane : il faut qu'ils puissent satisfaire à deux conditions :

- 1°. Etre suffisamment riches.
- 2°. Etre assez fusibles.

Les minerais pauvres fourniraient trop de matières vitreuses ; et les molécules métalliques, se trouvant enveloppées, ne pourraient se réduire ; aussi les minerais traités par cette méthode, dans les départemens cités, contiennent jusqu'à 60 pour %.

Parmi les minerais riches, il faut encore choisir ceux qui sont les plus fusibles; c'est pourquoi on expose à l'air les fers carbonatés magnésiens, pour les débarrasser de la plus forte partie de l'oxide de magnésium, dont la présence diminue la fusibilité de la gangue.

Inconvéniens. Les minerais que l'on traite à la catalane, sont principalement les fers carbonatés magnésiens et les fers hydratés hématites; les premiers rendent à l'essai 54 p.%, et les seconds 60. Ces deux espèces de minerais ne fournissent, par l'affinage dont nous parlons, que 33 p.%; ainsi en portant leur richesse moyenne à 57, on voit que la perte s'élève à 24 p.%, quantité de métal qui entre en combinaison avec les scories.

La méthode catalane ne peut être employée avec succès que pour le traitement des minerais dont la richesse n'est pas au dessous de 40 p.% : tels sont les fers deutoxidés de Suède, les fers tritoxidés oligistes, les minerais de Framont (*Vosges*), d'Anmetz (*Moselle*), et d'un grand nombre de départemens; mais dans toutes les forges où l'on traite les minerais dont nous parlons, on trouve plus d'économie à former des fontes et ensuite à les affiner. Cependant les fers tritoxidés oligistes de l'île d'Elbe, sont traités en Corse par une méthode qui diffère peu de celle catalane, et que M. *Tronçon Ducoudray* a très-bien décrite (1).

La richesse moyenne des minerais de l'île d'Elbe

(1) Journal de physique, tom. 2, année 1772.

étant de 65 p. $\frac{1}{10}$, on n'en retire en Corse que 40 en fer forgé.

197. *Affinage styrien.* Les fontes blanches sont III^e. Procédé. plus faciles à affiner que les carburées, parce qu'elles contiennent moins de charbon. Si les fontes sont chargées de charbon, il faut enlever l'excès de cette matière combustible avant d'opérer l'affinage ordinaire; on y parvient par les deux procédés qui suivent.

Traitement avant l'affinage. Dans quelques fonderies de la Styrie et de la Carinthie, on coule la fonte en plaques de 0^m,5 à 0^m,7 d'épaisseur, dans une aie en argile dont la forme est triangulaire.

La fonte étant au bain, pousse son laitier à sa surface; on l'enlève en y projetant de l'eau qui le sépare en une croûte mince; la fonte se trouve dépouillée de son laitier et d'une portion de son charbon qui est brûlé par suite de la décomposition de l'eau.

Après le refroidissement des plaques, on les casse à coups de masse, et on obtient des morceaux irréguliers qui sont portés à l'affinerie.

Dans d'autres fonderies des mêmes provinces, les hauts fourneaux donnent des fontes plus carburées, et les moyens indiqués ne peuvent suffire: on pratique dans le sol et devant le fourneau un grand creuset, on y reçoit le métal d'un fondage, puis on jette de l'eau sur la surface de la fonte liquide, ce qui la dureit; par cette opération on obtient une première plaquette mince que l'on enlève, on refroidit de nouveau la surface du bain

pour former une nouvelle plaquette, et en continuant ce travail, on parvient à convertir en plaques la plus grande partie de la coulée. Ces plaquettes sont connues sous le nom de *Blettes*.

La décomposition de l'eau dans le refroidissement n'a pas enlevé assez de charbon; c'est pour quoi on grille les blettes dans un fourneau sans creuset qui présente, dans le sens de la tuyère, une rigole destinée à recevoir la portion de la fonte qui se liquéfie.

Les blettes étant placées sur la rigole, on les entoure de charbon qu'on allume; puis on fait jouer les soufflets pour opérer la décarbonisation de la fonte par une sorte de grillage; l'opération dure quatorze à quinze heures.

Après cette calcination, les plaques présentent leur surface plus blanche que leur intérieur, parce que cette surface ayant été exposée à l'action de l'air et du feu, a perdu son charbon.

Par l'un ou par l'autre de ces moyens, la fonte est dépouillée de la plus forte partie de son charbon; et, dans cet état, sa conversion en fer forgé devient facile.

L'affineur forme avec ces plaques un paquet qu'il saisit, à l'aide de tenailles, pour le porter au feu de renardière.

IV*. Procédé. 198. *Méthode bergamasque*. La méthode bergamasque repose sur un procédé particulier d'affinage; elle est ainsi appelée parce qu'elle a pris naissance dans les environs de Bergame; elle s'est répandue ensuite dans tout le Piémont, dans plu-

sieurs parties de l'Italie, et dans quelques forges de France, voisines du Piémont.

Les fontes carburées sont les seules que l'on traite par cette méthode qu'il importe de décrire :

Le foyer d'affinerie ressemble à celui d'une renardière; l'usine et le foyer portent le nom de *mazerie*, et l'opération celui de *mazéage*. Après avoir brasqué le creuset on le remplit de charbon, on y apporte 200 kilogrammes de fonte, et on donne le vent; bientôt la matière entre en fusion, et se met en bain dans la cavité du foyer; alors on arrête le jeu des machines soufflantes, on découvre le bain, et la fonte liquide se projette sur des scories étendues sur l'aire de la forge.

La fonte, ainsi mêlée de scories divisées, porte le nom de *mazelle*; on pousse la moitié de la mazelle dans le foyer avec du charbon, et on y ajoute encore des battitures de fer, si la fonte est très-chargée de charbon.

On élève la température à l'aide des soufflets; et la mazelle, en s'agglutinant, forme une petite masse qu'on nomme *mazeau*.

Le mazeau étant obtenu, on laisse refroidir le creuset, puis on en sort la matière, et on continue le travail: on prépare de la sorte six mazeaux avec les 200 kilogrammes de fonte liquéfiée dans la première opération.

Ce sont ces mazeaux que l'on traite à la même forge, comme la fonte qu'on affine dans les renardières (n°. 193).

Théorie. Les scories étant échauffées et impré-

gnées de fonte liquide, on les refroidit avec de l'eau. On comprend aisément que, dans cette opération, les matières vitrifiées étant échauffées et promptement refroidies, se divisent en petites parcelles, et que l'eau qui touche la fonte doit se décomposer, oxider le métal, en brûlant une partie du charbon qu'il contient.

Affinage styrien comparé au mazéage.

Si l'on compare la méthode bergamasque avec l'affinage styrien, on voit qu'on arrive au même but par deux moyens différens.

Il est facile de remarquer que le mazéage entraîne à une grande perte de combustible, et que le grillage, pratiqué en Styrie et en Carinthie, doit être préféré à cause de son économie.

On pourrait sans doute remplacer le mazéage suivi en France, en convertissant les fontes carburées en blettes, et se dispenser d'un grillage, surtout si l'on faisait usage des battitures. Ce moyen offrirait de l'économie dans les forges de l'ancien Névernais, où l'affinage n'est exécuté qu'après deux opérations préalables (1).

(1) Description de l'affinage bergamasque pratiqué dans le département de l'Isère. Journal des mines, tom. 17, pag. 144.

DOUZIÈME LEÇON.

De l'affinage à l'anglaise : *Qualité de la fonte anglaise ou pig-iron. — Affinage dans les pots. — Travail dans les fineries. — Fine-métal qu'on y obtient. — Affinage aux puddling-furnaces. — Formation des lumps. — Leur ébauchage par compression et par percussion. — Leur préparation. — Leur étirage. — Modification de ce travail. — Forme et usage des cylindres à Bradley. — Des propriétés du fer pur. — Ses divers états dans le commerce. — Caractères du fer doux, du fer cassant à froid, et du fer cassant à chaud. — Synonymie de ces fers. — Défauts des fers forgés. — Doublures. — Pailles. — Cendrules. — Criques et travers. — Correction des fers cassants et brisans.*

De la tôle : *Travail dans les tôleries par percussion et par pression. — Usage de la tôle. — Sa réception et son emmagasinement.*

Du fer en baguettes : *Travail à la fenderie. — Produit de cette usine et déchet du fer.*

DE L'AFFINAGE A L'ANGLAISE.

199. *Qualité de la fonte anglaise ou pig-iron.*
Toutes les fontes provenant de la réduction des minerais dans les hauts-fourneaux d'Angleterre (*blast-furnaces*), sont très-carburées, qualité qu'il faut attribuer,

- 1°. A la hauteur des blast-furnaces;
- 2°. A l'emploi du coak.

Les fontes sont converties dans la première fusion en petites gueuses ou saumons d'un mètre de longueur ; la matière porte le nom de *pig-iron*.

Dcs essais nombreux pour l'affinage du *pig-iron* ont été faits sans aucun succès, par les maîtres de forges, parce qu'ils mettaient la fonte en contact avec la houille ; aussi avaient-ils conclu, vers 1780, qu'il était impossible d'affiner directement le *pig-iron* avec le *coak*.

En France, MM. les ingénieurs *Rosiers* et *Houry* avaient tenté le même moyen, et ils ont remarqué que le fer qui provenait de cette opération était brisant à chaud (1).

Lampadius a indiqué le fourneau à reverbère comme étant propre à l'affinage direct de la fonte par la houille naturelle ; il fit trois expériences différentes qui montrèrent la possibilité de la conversion, en versant le métal liquide dans un fourneau à reverbère déjà échauffé (2).

1^{er}. Procédé. 200. *Emploi des pots.* Le mode le plus anciennement connu en Angleterre est l'affinage dans les foyers semblables aux nôtres ; mais les fontes ne peuvent y être converties en fer forgé qu'après une opération préliminaire qui est leur décarburation dans des pots.

On casse le *pig-iron* à affiner, on le met dans des creusets d'argile placés dans un fourneau à reverbère. La fonte entre en fusion dans ces pots ; le

(1) Journal des mines, tom., 15, pag. 35.

(2) Idem, tom. 16, pag. 293 (Ext. des opuscules chimiq.)

charbon qu'elle contient en excès vient à la surface sous l'état de carbure dont le peu de consistance facilite l'enlèvement après le refroidissement.

Ce procédé a été perfectionné; on a ajouté à la fonte du laitier et de l'oxide de fer: le premier favorise la fusion du pig-iron, le deuxième en se décomposant, détruit une portion du charbon. Par l'un ou par l'autre de ces moyens, le pig-iron se dépouille de son excès de charbon, et il devient propre à être traité par l'affinage ordinaire (1).

D'après M. Bonard, ce procédé n'a pas été sans succès dans la Grande-Bretagne (2); cependant le plus grand nombre des usines a abandonné cet ancien mode d'affinage en faveur du suivant.

201. *Travail dans les fineries.* La première opération consiste à faire subir au pig-iron une deuxième fusion dans des foyers semblables à ceux de nos affineries, mais beaucoup plus grands; ces foyers prennent le nom de *fineries*. II°. Procédé.

Après avoir cassé les saumons, on garnit le foyer de fineries avec du coak allumé; on le recouvre de morceaux de pig-iron du poids de 20 à 30 kilog. Les soufflets sont mis en jeu, et la température est bientôt assez élevée pour déterminer la fusion du métal, la fonte gagne le fond du foyer où elle forme un bain, la matière en coulant reçoit l'action du vent des soufflets qui brûle une partie du charbon, oxide le métal, et enlève de cette manière le charbon en excès.

(1) Sidérotechnie, tom. 3, pag. 82, planch. 41, fig. 650.

(2) Journal des mines, tom. 17, pag. 266.

Les laitiers moins lourds forment sur le métal un bain qui le préserve du contact du charbon du foyer. On conserve la fonte dans cet état pendant deux heures, afin de la rendre homogène, puis on la moule en petits saumons plus minces que ceux du pig-iron; on refroidit promptement la matière, qui est encore liquide, en jetant de l'eau froide sur la surface.

Fine-métal. Le pig-iron ainsi dépouillé de l'excès de son charbon prend les caractères des fontes blanches; c'est dans cet état que les anglais nomment cette fonte *fine-métal*.

De l'affinage
aux puddling-
furnaces.

202. L'affinage du fine-métal s'exécute avec la houille non épurée dans des fourneaux à reverbère qui portent le nom de *puddling-furnaces*, et dont les dimensions sont les suivantes.

Atre.	{	Longueur.	2,17 ^m	
		Largeur.	1,27	
Ouverture d'entrée pour la flamme. . . .			0,67	} en carré.
Idem de sortie dans la cheminée. . . .			0,65	
Idem pour charger.			0,50	
Largeur de la grille.			0,65	
Hauteur de la cheminée.			de 13 à 14 ^m .	

Formation des lumps. Pour commencer le travail, on chauffe fortement le fourneau pendant deux heures; au bout de ce temps l'intérieur est blanc; on y introduit 150 à 200^l. de fine-métal qu'on place sur l'autel; on laisse la portière entr'ouverte, et, lorsque la fonte est devenue rouge, on la ferme entièrement. Cinq minutes

après, le métal est en bain dans le creuset; alors on ouvre de nouveau, et les ouvriers brassent le bain avec des râbles en fer.

Dans cette opération, le métal liquide se couvre de laitier, qui se boursoufle, pour donner passage au gaz oxide de carbone, qui brûle à la surface, en petites flammes bleues, dont l'intensité et le nombre diminuent à mesure que l'affinage avance.

La fonte passe donc à l'état pâteux; les ouvriers la poussent vers l'autel, pour en former une masse, appelée *lumps* (loupe); ainsi exposée à l'action de la flamme, la plus grande partie du laitier s'en sépare par liquation.

Pendant le séjour de la loupe sur l'autel, les ouvriers la divisent, avec des ringards, en autant de pièces que l'on désire.

Les loupes, ainsi divisées, passent successivement entre deux cylindres, pour y subir une compression qui doit rapprocher les molécules du fer, et exprimer les dernières portions de laitier; ainsi l'action des cylindres remplace celle des gros marteaux.

Le travail de la compression se divise en trois opérations bien distinctes qui sont: l'*ébauchage*, la *préparation* et l'*étirage*.

203. *Par compression.* Les loupes, en sortant des puddling-furnaces, passent d'abord entre deux cylindres cannelés qui, par leur réunion, présentent dans leur élévation des cercles ou lunettes, dont les diamètres diminuent de l'un à l'autre. Ebauchage.

On présente la loupe à la première lunette qui est la plus grande ; en en sortant, on la passe dans la deuxième, et ainsi de suite ; il est évident que la compression exercée par ces cylindres, rapproche les molécules du fer, et en chasse le laitier qui les tenait désunies : ces cylindres portent le nom d'*ébaucheurs*.

204. *Par percussion.* La méthode d'ébaucher les loupes, et de les travailler, n'est pas la même dans toute l'Angleterre : dans quelques forges, l'ébauchage s'opère par des marteaux dont la forme de la tête varie beaucoup.

Tous ces marteaux sont ordinairement en fonte, ainsi que leur manche ; en avant de la tête est un mentonnet, au moyen duquel le marteau est levé par les cammes d'un arbre tournant, mis en mouvement par le balancier d'une machine à vapeur.

Préparation. 205. Les loupes ébauchées, soit par compression, soit par percussion, ont à peu près la même forme ; elles ressemblent à un cylindre allongé. On porte ces loupes dans un fourneau à reverbère qui prend le nom de *blowing-furnace* ; l'action du calorique dilate les molécules et les dispose à recevoir une nouvelle pression.

Les loupes, convenablement chauffées, sont placées entre des cylindres de même forme que les précédents, mais dont les lunettes ont des dimensions plus petites ; leur action exprime encore les matières étrangères, rapproche de plus en plus les molécules, et amène ainsi le métal à l'état de fer forgé.

Les cylindres employés à cette opération sont nommés *préparateurs*.

206. Les loupes préparées par l'opération précédente ont la forme de cylindres allongés; on les chauffe de nouveau, puis on les fait passer entre des cylindres qui portent aussi des gorges, mais de formes rectangulaires, et dont les dimensions diminuent comme dans les autres. Le fer, en sortant de ces cylindres, est sous la forme de barres propres à être mises dans le commerce. Les cylindres sont appelés *étireurs*.

Etirage.

207. Le travail qui précède n'est pas le même dans toutes les usines de la Grande-Bretagne.

Modifications
dans le travail.

Quelquefois on fait subir aux lumps toutes les opérations de l'étirage, sans les réchauffer; dans ce cas, les lumps doivent être plus chauds, pour supporter la série du travail, et on remarque que le fer qui en provient n'est que d'une qualité inférieure.

Lorsqu'on veut obtenir du fer bien nerveux, on fait passer les lumps ébauchés, entre deux cylindres à surface unie qui les aplatissent en forme de barres larges. Après le refroidissement de ces barres, on les casse en morceaux de 0^m,4 de longueur; on forme avec quatre de ces morceaux un paquet qui prend le nom de *blums*.

Les blums sont traités comme les lumps, au bloving-furnace, et subissent directement l'opération de l'étirage (1).

(1) Annales des arts et manufactures, tom. 40, pag. 5, etc.
Journal des mines, tom. 17, pag. 245.

208. *Forme et usage des cylindres*, à Bradley. M. Wilkinson a fait construire à Bradley (*Stratfordshire*) des cylindres cannelés, dont le diamètre est de 1^m,24, et dont le poids de chacun excède 5000 kil. Ces cylindres tournent sur leur axe comme les autres, mais ils n'ont qu'un mouvement alternatif de va et vient.

Cette méthode présente l'avantage de n'employer qu'un seul ouvrier, parce que la pièce à travailler étant engagée, revient d'elle-même au lamineur, lorsque le mouvement change de direction; au lieu qu'avec les cylindres à rotation continue, deux ouvriers sont indispensables (1).

Comparaison
des méthodes
d'affinage par la
houille et par le
charbon végétal.

209. Un fourneau à reverbère d'une grandeur moyenne, consomme en vingt-quatre heures 2500 kil. de houille, et on peut y affiner, durant ce temps, 2400 kil. de fonte.

La fonte convertie en loupes peut être travaillée au marteau ou aux cylindres.

Dans le premier cas, l'étirage en barres exige encore 2500 kil. de houille, et on obtient entre 1600 et 1700 kil. de fer forgé.

Dans le deuxième cas, c'est-à-dire, si, pour l'étirage en barres, les marteaux sont remplacés par des cylindres, il ne faudra que 1000 kil. de houille et on obtiendra 1800 kil. de fer forgé. Ainsi, indépendamment de la célérité dans le travail complet, par la méthode anglaise, 2400 kil. de fonte

(1) Annales des arts et manufactures, tom. 43, pag. 150, planch. 460.

Journal des mines, tom. 44, pag. 76, planch. 462.

et 4000 kil. de houille peuvent donner 1800 kil. de fer forgé.

Dans l'affinage ordinaire, 2400 kil. de fonte ne peuvent être affinés qu'avec 23^m,034 (672 pieds), cubes de charbon végétal ; et le produit en fer forgé n'est que de 1600 kil. (*M. Dufaud, maître de forges*).

210. La couleur du fer forgé à l'état de pureté, est d'un gris bleuâtre. Il est le plus léger des métaux après l'étain, selon Brisson : sa pesanteur spécifique est de 7,78. Il n'est fusible qu'à la température de 158°. du pyromètre de *Wedgwood*. Sa forme cristalline est celle d'un octaèdre : mais il ne prend cette forme qu'à l'état de fonte. L'or, l'argent et le cuivre sont plus ductiles que lui ; cependant on le réduit en lames minces. Il prend à la filière une extension très-grande, et se réduit en fils très-déliés dont la ténacité est plus forte que celle des autres métaux, et telle qu'il faut un poids de 225 kil. pour faire rompre un fil de 0^m,002 de diamètre.

Propriétés du
fer pur.

Le fer a une odeur particulière, on la rencontre sur ce métal, lorsqu'il vient d'être limé ou frotté ; elle se rapproche de celle des matières âcres et astringentes. Ses propriétés magnétiques sont aussi très-remarquables : il est attirable et il s'aimante soit par communication, soit lorsque ses barres demeurent long-temps dans une position verticale.

211. Rarement dans le commerce on trouve des fers à l'état de pureté ; et on pourrait dire qu'il n'en existe pas : car les fers de Suède même,

Divers états du
fer.

qui sont réputés les meilleurs, contiennent encore une certaine quantité de charbon qui va quelquefois jusqu'à un centième. Cette substance étrangère n'est pas la seule dans le fer : toutes celles qui peuvent se trouver dans les fontes, peuvent également se rencontrer dans les fers forgés.

Il résulte de ces composés différentes qualités de fers que nous réduirons à trois classes ;

1°. Fer doux.

2°. Fer cassant à froid.

3°. Fer brisant à chaud.

Fer doux. 212. *Caractères.* Se laisse tordre et plier à volonté. — Difficile à casser. — Dans la cassure d'un gros échantillon, il présente une couleur bleuâtre et beaucoup de grain. — Dans la cassure d'un mince échantillon bien forgé, il offre des fibres semblables à celles du bois vert. — Ductile à chaud et à froid.

Synonymie. Fer doux. — Fer fort. — Fer nerveux. — Fer fibreux.

Fer cassant à froid. 213. *Caractères.* Se casse à froid lorsqu'on veut le plier brusquement, ou lorsqu'on le frappe. — Présente une cassure brillante, à petites facettes, d'un blanc brillant. — Point de fibres. — Se forge à chaud. — Se soude bien. — Dur à la lime.

Synonymie. Fer cassant à froid. — Fer aigre. — Fer cassant.

Fer brisant à chaud. 214. *Caractères.* Se laisse plier et forger à froid. — Fibreux dans sa cassure. — Ses arêtes portent

des crevasses. — Se casse à chaud par l'action du marteau jusqu'à la couleur du rouge cerise (1), parfaitement ductile au blanc presque fondant. — Tendance à la fusion. — Plus oxidable que les autres.

Synonymie. Fer cassant à chaud. — Fer brisant. — Fer de couleur. — Fer noir. — Fer cuivreux. — Fer rouverain ou rouvreux. — Les allemands le connaissent sous le nom de *Rothbrüchig*.

215. Les défauts des fers peuvent être examinés *Défauts des fers* sous deux rapports différens, selon qu'ils sont attribués : 1°. à une action chimique ; 2°. à une action physique.

Action chimique. Les métallurgistes diffèrent d'opinion sur les vraies causes qui altèrent le fer, et qui le rendent cassant à froid ou brisant à chaud ; on a attribué ces vices à l'influence de beaucoup de substances, au nombre desquelles on cite le phosphore, le soufre, le cuivre, l'étain, le chrome, l'antimoine, le sulfate de barite, etc. ; cependant il semble qu'on admette généralement que le défaut de casser à froid appartient à l'action du phosphore ou de son acide, et que celui de briser à chaud dépend de la présence de l'arsenic.

Des expériences synthétiques, faites à l'école pratique des mines de Moutiers, par M. Hassenfratz, prouveut que les causes qui rendent le fer cassant

(1) Expérience de M. le général Levasseur. Decade égyptienne, tom. 1, pag. 139, ou *Annales de chimie*, t. 42, p. 183.

à froid ou brisant à chaud, ne peuvent être limitées à l'action du phosphore et de l'arsenic, et on est en droit de conclure avec l'auteur de la sidérotechnie, que les observations faites jusqu'à ce jour, sont insuffisantes pour qu'on puisse prononcer sur l'influence des nombreux agens qui communiquent aux fers les défauts dont il est question (1).

Action physique. Les fers peuvent avoir des défauts dont les causes n'appartiennent pas à l'affinité chimique; si l'affinage a été mal exécuté, les matières étrangères à la nature du métal n'ont point été enlevées entièrement, alors les fers portent des défauts qui sont au nombre de cinq :

- 1°. La doublure.
- 2°. Les pailles.
- 3°. Les cendrures.
- 4°. Les criques.
- 5°. Les travers.

Doublure. La doublure est une soudure mal faite qui peut avoir deux causes : 1°. s'il y a des scories ou de l'oxide de fer sur les surfaces à souder, ces corps étrangers s'opposent à la réunion ; 2°. si les morceaux de fer que l'on se propose de réunir ne sont pas ramollis au même degré de feu, le fer est doublé dans la percussion qu'il reçoit.

Pailles. Les pailles sont des écailles ou des filamens qui tiennent à la surface du fer par l'un de leurs côtés; les causes de ce défaut sont les mêmes

(1) Sidérotechnie, tom. 3, pag. 161 à 165.

que celles du précédent. Les pailles semblent prouver que le fer est brisant.

Cendrules. Les cendrules sont des points d'un noir grisâtre qu'on aperçoit à la surface du fer, et qui déparent l'ouvrage sans nuire à la qualité du métal; on attribue ce défaut aux matières étrangères qui, chassées dans le travail jusqu'à la surface, sont forcées d'y demeurer par l'action du marteau.

Criques. Les criques sont des crevasses transversales que l'on remarque sur les arêtes des barres; elles sont formées par le départ des matières étrangères, pendant le cinglage du métal, dont la souplesse des molécules n'est pas assez grande pour opérer leur rapprochement.

Travers. Les travers sont des fentes qui sont placées transversalement dans les barres; la cause de ces défauts est la même que celle des criques.

216. Les défauts qui appartiennent à une action chimique sont plus difficiles à corriger que les autres. Correction
des fers cassans
et brisans.

Si la cause est due à la présence du soufre, on la détruit facilement par des grillages et des lavages préliminaires, comme cela se pratique avec succès dans quelques forges de la Styrie, sur des minerais qui fournissent du fer cassant et brisant (1).

Si le défaut appartient au phosphore, on peut obtenir la soustraction de ce principe combustible en lui présentant de la chaux carbonatée à une haute température.

(1) Annales des arts et manufactures; tom. 39, pag. 85.

Rinmann fils parait être le premier qui ait proposé l'emploi de la chaux, pour convertir en fer doux le fer cassant à froid; voici en quoi consiste son procédé. On compose, par la fusion avec des scories et de la chaux carbonatée, une sorte de flux qu'on introduit dans le creuset d'affinage sur la fonte liquide, on avale la matière et on en forme une loupe que l'on expose à l'action du gros marteau pour en chasser le laitier calcaire (1).

Aussitôt que le procédé de Rinmann fut connu, les maîtres de forges en firent des applications, et leurs essais les ont conduits à indiquer des modifications du travail sur l'emploi de la chaux, dans la vue d'améliorer la qualité des fers.

Dans les forges de Marches, près de Namur, on a employé un procédé qui diffère peu de celui de Rinmann :

Avant de sortir la loupe du creuset, on y projette de la chaux carbonatée en poudre (castine), on expose la loupe pendant quelques minutes à l'action du vent des soufflets, et on la travaille par les moyens ordinaires (2).

M. Dufaud, qui en 1810 avait déjà introduit à Grossouvre (Nièvre) l'affinage à l'anglaise, s'est livré à des recherches qui avaient pour objet de con-

(1) Procédé publié par Gadolin; annales de chimie de Crell, pag. 181. Année 1794.

(2) Bulletin de la société philomatique, tom. 1, pag. 94, vendémiaire an IV.

Journal des mines, tom. 13, pag. 246.

vertir en fer malléable le fer cassant à froid ; il résulte des expériences de ce savant sidérurgiste :

1°. Que les fers contenant du phosphore, toujours cassans à froid, se convertissent complètement en fers ductiles par le secours de la chaux carbonatée ;

2°. Que l'emploi du fourneau à reverbère réussit mieux que celui d'affinage ordinaire, en ce que le métal ne se trouve pas en contact avec le combustible ;

3°. Que le poids de la chaux doit être un trentième de celui de la fonte à affiner, en ayant soin de mélanger la chaux pulvérisée avec la fonte liquide, de renouveler l'opération deux fois, et à la seconde, de repousser vers l'autel le métal qui a pris nature.

En comparant les procédés de Riemann fils et de M. Dufaud, qui reposent sur le même principe, on voit que celui de M. Dufaud remplit mieux l'objet qu'on se propose, et qu'il réunit à une exécution simple, une économie basée sur l'emploi de la houille.

Le procédé de M. Dufaud lui a fait décerner le prix que la société d'encouragement avait proposé pour la purification des fers ; on trouve dans le bulletin de cette société la description des deux mémoires envoyés au concours (1).

L'amélioration du fer cassant à froid n'est donc plus un problème à résoudre, il n'en est pas de

(1) Neuvième année, août 1810, pag. 203.

même du fer brisant : plusieurs procédés proposés sembleraient atteindre le but , mais ils laissent encore à désirer , sans doute parce que les causes qui rendent le fer brisant sont trop nombreuses : cependant si le défaut appartient à la présence de l'arsenic , du zinc ou de l'antimoine , des grillages et des lavages répétés sur les minerais peuvent en faire obtenir du fer ductile à chaud (1).

De la tôle. 217. La tôle n'est autre chose que du fer réduit en lames minces de différentes dimensions ; on opère cette conversion , soit par la percussion , soit par la pression dans des ateliers qu'on nomme *tôleries*.

Par la percussion , on emploie l'action des marteaux sur le fer ; par la pression , on fait usage de cylindres. Dans le premier cas , les machines sont appelées *batteries* , et , dans le 2^e. , *laminoirs*.

Les produits de ces usines portent les noms de fers battus , de tôle et de fers noirs.

Les laminoirs donnent des tôles dont l'épaisseur est plus uniforme que celle que fournissent les batteries ; et l'opération par pression , marche avec plus de célérité : malgré ces avantages , on n'a pas encore renoncé aux batteries parce qu'on prétend que les tôles battues ont plus de ductilité et de ténacité que celles qui proviennent des laminoirs.

Il ne sera question ici que du travail des laminoirs ; puisque les tôles qu'on en obtient , sont les seules employées dans les arsenaux. Nous ren-

(1) Annales des arts et manufactures , tom. 39 , pag. 87.

voyons aux différens ouvrages de sidérurgie pour le travail qu'on exécute dans les batteries (1).

218. Les laminoirs à tôle se composent de deux cylindres en fonte grise, bien dressés et travaillés sur le tour. Ces cylindres sont rapprochés, et ils tournent sur leur axe en sens contraire; leurs dimensions varient entre 0^m,6 et 1^m,2 de longueur, 0^m,3 et 0^m,5 de diamètre.

Travail.

Pour laminer le fer, plusieurs opérations successives sont nécessaires; les unes pour dilater les molécules du métal et les disposer à l'extension qu'elles doivent supporter par la pression, les autres ont pour objet de rogner les feuilles; enfin une dernière opération donne au métal la ductilité qui lui est propre.

Le travail repose sur les mêmes principes, quelle que soit la dimension à donner aux tôles. Nous prendrons pour exemple de fabrication celle qu'on exécute à Hayange pour se procurer le fer noir destiné à l'éclamage.

Toute l'opération du laminage se fait en six chaudes, par trois ouvriers: pour commencer le travail, on prépare à la chaufferie du fer en barre d'échantillon; on le divise en morceaux qui prennent le nom de *bâtards* ou *bidons bruts*.

Première chaude. On porte les bidons à un petit

(1) Encyclopédie méthodique, arts et métiers, tom. 2, pag. 570 et 750.

Sidérotechnie, tom. 3, pag 269.

fourneau de reverbère, dans lequel ils restent une heure 45 minutes ou deux heures, pour y prendre une couleur rouge-blanc. Après ce temps, le *chauffeur* les retire l'un après l'autre, pour les livrer au *lamineur* qui les passe entre les cylindres; l'*espatteur* reçoit le bidon à la sortie, il le place sur le cylindre supérieur, d'où il est repris, pour être engagé de nouveau entre les cylindres; ce travail s'exécute trois fois de suite.

Le bidon brut étant allongé, on le divise avec une cisaille en douze morceaux qui prennent le nom de *bidons dégrossis*, ou *languettes*.

Deuxième chaude. Les bidons dégrossis, ainsi obtenus, passent au fourneau, et lorsqu'ils ont la couleur convenable, on les présente en travers entre les cylindres; on répète cette opération plusieurs fois: puis on les divise en morceaux qui portent le nom de *bidons espatés*, ou simplement *d'espatés*.

Troisième chaude. Les espatés sont chauffés comme les bidons dégrossis, pour être livrés au lamineur, qui les introduit trois à la fois entre les cylindres, il les y fait passer trois fois, et leur longueur se trouve doublée; ensuite on les coupe par le milieu. Le fer, ainsi traité, prend le nom de *tôle passée à trois*. Avant de chauffer les espatés, on les trempe dans une bouillie argileuse, pour s'opposer à une trop forte oxidation, ainsi qu'à la soudure des feuilles.

Quatrième chaude. Les feuilles provenant de la troisième opération, sont chauffées de nouveau et

rendues au lamineur en un paquet ; ces six lames sont passées et repassées ensemble au laminoir, jusqu'à ce que leur longueur soit doublée, puis on divise chaque lame en deux parties égales, ce qui en fournit douze.

Cinquième chaude. Les douze feuilles de la dernière opération sont chauffées de nouveau, et réunies en un seul paquet que l'on passe entre les cylindres ; c'est alors que l'on obtient les feuilles ou *tôle passée à douze*.

Sixième chaude. La tôle à douze est chauffée pour passer une dernière fois au laminoir ; à ce dernier laminage on fait arriver un filet d'eau sur le cylindre supérieur : par ce moyen, le fer chaud mouillé se décape. La pression ayant donné de la dureté au métal, on lui rend de la douceur par un recuit qu'on lui fait subir dans le même fourneau.

Les feuilles noires obtenues par ces opérations, sont chargées de criques sur leurs bords, on les enlève à la cisaille, et les feuilles finies sont envoyées à l'atelier d'étamage, ou bien elles sont mises dans le commerce. Les rognures sont incorporées aux loupes dans l'affinage.

Produit et consommation. Dans un mois, on peut faire 12000 kil. de tôle à fer-blanc, pour lesquels on donne 43000 kil. de fer en bidons, et 30000 kil. de houille. Si on travaille en tôle forte, on peut faire 18000 kil. de tôle par mois, en employant toujours 30000 kil. de charbon de terre.

219. Les tôles sortent des laminoirs sous diver-

Usage.

ses épaisseurs, selon les besoins auxquels on les destine; leur usage est singulièrement multiplié dans les arts.

Les tôles servent dans les arsenaux à couvrir les caissons à munitions et les coffrets d'affûts, à faire les couvercles des cartouches à balles, à garnir les foyers des forges de campagne, etc.

Les culots des cartouches à balles, ainsi que les rosettes, sont des fers laminés et découpés ensuite à l'emporte-pièce, servi par un mouton, ou comme à l'arsenal de Metz, avec une presse à balancier.

Réception. 220. La réception de la tôle se fait dans les arsenaux; elle est reconnue bonne et reçue, lorsqu'elle satisfait aux conditions suivantes :

- 1°. Grandeur demandée ;
- 2°. Élastique;
- 3°. Épaisseur convenable et égale;
- 4°. Sans doublures ni pailles, ni gerçures ni trous.

L'épaisseur des tôles est fixée par les réglemens; pour la vérifier, on n'emploie pas d'instrumens, on en juge en la tenant entre les doigts, et en se servant d'une feuille de comparaison.

On reconnaît par l'élasticité si les feuilles n'ont point été brûlées: en pliant la tôle sur elle-même, elle doit reprendre son premier état. Pour s'assurer que la tôle n'a pas de doublures, on l'examine sur les bords nouvellement coupés; les pailles, les

gerçures et les trous sont faciles à reconnaître ; tous ces défauts font mettre les feuilles au rebut (1).

Emmagasinement. Les tôles employées dans les constructions de l'artillerie ont des dimensions différentes ; on les distingue par numéros dont le nombre s'élève à 32.

Les tôles reçues sont portées au magasin aux fers où, sur l'un des côtés, se trouvent 32 cases de dimensions convenables pour y recevoir les feuilles entières, et chaque case porte un numéro qui est celui de la tôle.

221. Lorsqu'on veut avoir du fer en verges Du fer en baguettes. propre à être employé à la clouterie, ou à d'autres objets qui exigent un très-petit échantillon, on n'étire pas le fer au marteau, parce qu'il y aurait trop de déchet ; mais on a une machine nommée *fenderie*, qui partage les barres applaties en plusieurs baguettes en même temps.

Travail à la fenderie. Pour exécuter le travail à la fenderie, on coupe d'abord les barres d'une longueur relative à celle qu'on veut obtenir ; puis on fait chauffer ces tronçons de barres dans un fourneau à reverbère ; ensuite on les fait passer entre les cylindres d'un laminoir à surface unie, de là on les introduit encore rouges entre d'autres cylindres armés de coupans ou grandes rondelles qui s'engagent l'un dans l'autre et qui séparent le fer en autant de baguettes qu'il y a de fausses rondelles sur ces cylindres, ou d'interstices formés

(1) Note sur les tôles. — Aide-mémoire, 5^e édition, p. 464.

par l'assemblage des grandes et des fausses rondelles.

Les baguettes ou verges sont redressées au marteau à main, puis on les assemble en bottes pour les mettre dans le commerce.

Produit et déchet. Une fenderie peut en vingt-quatre heures et en huit chaudes, réduire en verges 5000 kil. de fer; la célérité du travail fait que, dans les forges, cette usine est rarement en activité pendant plus d'un mois ou deux dans l'année. Le déchet du fer dans l'opération est de 5 p. $\frac{1}{10}$ (1).

Classification
des fers em-
ployés dans les
arsenaux.

Pour fabriquer en fer forgé les pièces nombreuses et variées qui entrent dans la composition du matériel de l'artillerie et du génie, on a besoin de donner aux fers, dans les grosses forges, les dimensions et les qualités qu'ils doivent avoir, afin d'économiser le combustible et d'abréger le travail dans les arsenaux.

Une classification a donc été nécessaire pour distinguer les barres de ce métal, et des réglemens en ont ordonné l'usage général dans les arsenaux.

Tous les fers sont rangés en quatre classes que l'on distingue chacune par les majuscules A, B, C, D.

A. Comprend les fers méplats forgés, dont le nombre de numéros s'élève à 40

(1) Encyclopédie méthodique (arts et métiers), tom. 2, pag. 566, tom. 2 des planches.

Sidérotechnie, tom. 3, pag. 243, planch. 51.

Traité du fer et de l'acier (Manson), pag. 87.

B. Renferme les fers moins épais que les précédents et qui sont toujours platinés. — Nombre de numéros 16

C. Désigne les fers carrés, dont les quatre derniers numéros peuvent être fendus. — Nombre de numéros 16

On comprend encore, dans les fers C, ceux à 8 pans, ainsi que le fil de fer.

Nombre de numéros pour les premiers. 4

Idem, pour les seconds 3

D. Renferme les fers ébauchés. — Nombre de numéros 48

Nota. Les fers de la classe D, font suite à ceux de la classe A; en sorte que le premier numéro de D est le 41 et son dernier 88 (1).

222. Les fers destinés aux arsenaux subissent des épreuves relatives à l'emploi qu'ils doivent avoir. Réception des fers pour les arsenaux.

Les fers qui doivent être forgés reçoivent l'action du marteau à chaud, on examine si leur étirage et leur soudure s'exécutent d'une manière facile, ensuite on casse le fer à froid pour reconnaître la qualité par la couleur et par son grain.

Si le fer est bien travaillé et si l'échantillon est d'une faible épaisseur, la cassure doit montrer des fibres nombreuses que les ouvriers nomment *le nerf*; mais si l'échantillon est d'une forte épaisseur on y aperçoit rarement ce caractère.

(1) Aide-mémoire, 5^e édition, pag. 455 et suivantes.

Les fers qui doivent être percés ou taraudés sont soumis à ces deux opérations, on examine s'il ne s'est pas décelé des défauts, puis on casse les barres à coups de marteau sur la partie travaillée; la couleur et le grain servent à juger la bonté du métal.

La qualité du fer se remarque donc :

1°. Par le travail des échantillons, ou des pièces mêmes; 2°. par la couleur et le grain dans la cassure.

L'application des caractères distinctifs, déjà indiqués (n^{os}. 212 à 216), servira à bien déterminer les qualités du métal, et à prouver s'il convient aux ouvrages pour lesquels on le propose (1).

(1) Aide-mémoire, 5^e. édition, pag. 759 et 760.

Art de fabriquer le fer et l'acier (Manson), pag. 148.

Arrêté portant règlement pour les forges d'artillerie, du 27 nivôse an XI, titre II.

Dictionnaire de l'artillerie, article réception des fers pour les arsenaux.

TREIZIÈME LEÇON.

Fabrication des essieux en fer : *Leur nomenclature.*

— *Divers numéros d'essieux. — Choix du fer pour les fabriquer. — Préparation des mises intérieures et extérieures. — Composition d'une trousse — Instrumens nécessaires pour la fabrication. — Travail des essieux. — Leur recuit. — Leur réception. — Instrumens nécessaires pour cette opération. — Epreuve du mouton et de l'escarpolette.*

Fabrication des balles de fer battu : *Choix du fer et sa préparation. — Instrumens nécessaires. — Travail des balles. — Produit et consommation. — Projet de fabrication. — Réception des balles.*

Fabrication des clous : *Par percussion, par compression. — Moyens de remplacer le fer forgé par la fonte. — Emploi de la fonte dans les constructions.*

FABRICATION DES ESSIEUX EN FER.

223. *Nomenclature.* On considère dans les essieux, le corps, les fusées, les trous d'esses, les épaulemens et les talons.

Divers numéros d'essieux. On distingue quatre numéros d'essieux en fer ; savoir :

N°. 1. Pour les affûts de 12.

N°. 2. *Idem* de. . . . 8, 6 et obusiers.

N°. 3. Pour les affûts de 4 et pour les chariots à munitions, les caissons, les forges et les avant-trains.

N°. 4. Pour les charrettes et les camions.

Ce dernier numéro ne porte pas de talons (1).

Choix du fer. Les minerais de fer carbonatés-magnésiens, les fers tritoxidés et les hydratés hématites, fournissent le fer propre à faire des essieux.

Dans les forges de Hayange (Moselle), où on fabrique aujourd'hui tous les essieux qu'emploie l'artillerie, on met à profit les rognures des feuilles de tôle (n°. 218); on les incorpore à la loupe, et l'on pense que le métal gagne par ce moyen une plus grande ténacité.

Les barres qui proviennent du travail des loupes sont divisées en tronçons, auxquels on donne le nom de *mises*; on les distingue en *intérieures* et en *extérieures*.

Mises intérieures. Pour former les mises intérieures, on prend du fer provenant de la réduction des minerais indiqués; on l'étire au gros marteau, on le coupe, avec le hachard, en deux parties; on place l'une sur l'autre les deux barres obtenues; on les chauffe, et on les réunit par percussion, en ayant soin de ramener la nouvelle barre à sa première épaisseur; on la divise alors

(1) Des expériences ont prouvé que l'essieu de 8 pouvait remplacer celui de 12; mais ce changement n'est pas encore ordonné.

en trois parties qui portent le nom de *mises intérieures*.

Mises extérieures. Pour former les mises extérieures, on ne fait pas subir au fer l'opération du corroyage; on divise la barre en deux parties, aussitôt qu'elle a été étirée, ces deux parties forment deux *mises extérieures*.

Composition de la trousse. On donne le nom de *trousse* à la réunion des mises qui doivent former l'essieu; le nombre des mises et leurs poids varient avec le numéro de l'essieu que l'on fabrique.

NUMÉROS des Essieux.	NOMBRE des Mises.	POIDS des Mises intérieures.	POIDS des Mises extérieures.
		liv.	liv.
1	6	32	64
2	6	28	51
3	4	29	46 1/2
4	5	30	45 3/4

Instrumens. Les instrumens nécessaires à la fabrication des essieux, sont:

- 1°. Deux paires de tenailles.
- 2°. La plaque creuse.
- 3°. *Idem.* . . . unie.
- 4°. Le calibre à chaud.
- 5°. Les chasses droites et courbes.
- 6°. Les lunettes à chaud.
- 7°. Deux règles, l'une pour le corps, l'autre pour les fusées.

- 8°. Des mandrins et un poinçon.
- 9°. Une tranche.
- 10°. Deux râpes.

Travail. Pour faire le travail d'un essieu, on assemble le nombre de mises exigé pour le former ; on les réunit par un étrier, et on chasse des coins entre les mises, pour assurer la solidité de la trousse, dont l'extrémité est encore saisie par une *tenaille*.

Pour la première chaude, on place l'extrémité de la trousse au feu ; lorsqu'elle est arrivée au blanc soudant, on l'apporte sous le marteau, et on soude les mises en cet endroit : les mises soudées peuvent se soutenir sans étrier, c'est pourquoi on l'enlève.

On exécute la même opération, au côté opposé, par une deuxième chaude.

Une troisième chaude est donnée pour souder les mises dans le milieu, façonner le corps de l'essieu, et ébaucher les talons que l'on finit ensuite en une ou deux chaudes.

L'essieu étant ainsi ébauché, on marque à froid l'emplacement de la naissance des fusées ; puis en une chaude, on étire successivement chaque fusée, sous un marteau semi-conique.

On marque à froid l'emplacement des trous d'esses ; puis on les perce en trois chaudes, sur une enclume creusée en cône, portant un trou vertical, pour le passage du *poinçon* et des *mandrins* employés à cette opération.

Les chasses, les tranches, les râpes et les limes sont destinées à réparer et à perfectionner l'essieu.

Recuit des essieux. Les essieux étant terminés sont recuits. On fait cette opération en construisant un tas avec du bois blanc et des essieux ; le tas élevé on y met le feu, on n'enlève les essieux qu'après le parfait refroidissement : dans le recuit, le ferse dilate et gagne de l'homogénéité. Ce chauffage n'est pas indispensable, car à Hayange on ne recuit pas les essieux.

On peut consulter pour les détails de fabrication, ceux qu'a fournis M. Héron, de Ville-Fosse (1).

224. *Instrument.* Les instrumens nécessaires à Réception des
la réception sont : essieux.

- 1°. Un gabarit.
- 2°. Deux lunettes.
- 3°. Une boîte de roue.
- 4°. Un calibre.
- 5°. Une esse-modèle.
- 6°. Une machine à mouton.
- 7°. *Idem* à escarpolette.

Les essieux sont vérifiés, par rapport à leurs dimensions et à leur qualité : On place 8 à 10 essieux sur des tréteaux ; on les examine attentivement, pour voir s'ils n'ont pas quelques défauts extérieurs ; on marque avec de la craie ceux qu'on peut apercevoir, pour les retrouver plus faci-

(1) Annales des arts et manufactures, tom. 18, pag. 269, ou journal des mines, tom. 15, pag. 415.

lement après les épreuves et examiner s'ils se sont agrandis.

La longueur est vérifiée par une règle qui porte le nom de *gabarit*; cet instrument indique de plus l'emplacement des épaulements, la forme des talons et la place des trous d'esses.

Les deux diamètres des fusées sont examinés avec deux lunettes; et, pour plus d'exactitude, on présente à chaque fusée la *boîte en cuivre* qui appartient au numéro qu'on reçoit, en ayant soin de la faire jouer sur chaque fusée.

Le corps de l'essieu est vérifié par un *calibre*, et les trous d'esse le sont par une *esse modèle*.

Epreuves des
essieux.

225. Après les vérifications, on soumet l'essieu à deux épreuves : la première est celle du *mouton*; la deuxième celle de l'*escarpolette*.

Epreuve au mouton. Le mouton est un parallépipède en fer coulé; il est garni au sommet d'un anneau en fer forgé, et sa base est pourvue d'une plaque de bronze (1).

Pour commencer l'épreuve, on porte l'essieu sous le mouton et sur une table en fer coulé de 0^m,22 à 0^m,27 (8 à 10 pouces) de largeur, deux demi-cylindres de 0^m,14 (5 pouces) de diamètre, placés parallèlement à une distance d'un mètre, terminent la longueur de la table. Dans le milieu de cette table, se trouve une saillie qui en fait partie, dont la hauteur est égale à celle des cylindres, et dont la largeur est de 0^m,14 à 0^m,16 (5 à 6 p.)

(1) A l'arsenal de Metz, le mouton est en bronze, l'anneau seul est en fer; le poids total du mouton est de 307 kil. (627 liv. 1/2).

L'essieu étant placé sur les demi-cylindres, les talons en dessous, la saillie doit correspondre entre les talons et toucher le corps; mais pour empêcher ce contact, on élève la hauteur des cylindres en plaçant sous le corps et sur chaque cylindre, une barre de fer forgée, dont l'épaisseur est de 0^m,007 (3 lignes), de sorte que la saillie se trouve d'une hauteur moindre que celle des cylindres d'une quantité de 0^m,007 (1).

L'appareil ainsi dressé, on élève le mouton à 1^m,62 (5 pieds), et on le laisse tomber sur le corps de l'essieu.

Epreuve à l'escarpolette. Si l'essieu a résisté à l'épreuve du mouton, on lui en fait subir une deuxième, celle de l'*escarpolette*, qui consiste à l'élever horizontalement à une hauteur de 2^m,11 (6 pieds 6 pouces), et à le laisser tomber sur deux demi-cylindres placés parallèlement sur le sol, convenablement écartés pour qu'il y porte par ses fusées.

Si les essieux résistent à cette dernière épreuve, ils sont reçus; ensuite on les pèse pour constater la quantité de fer fournie par l'entrepreneur, enfin ils sont marqués et portés au magasin (2).

(1) A l'arsenal de Metz, la table d'épreuve diffère de celle dont on vient de donner la description; les deux demi-cylindres sont remplacés par deux élévations planes, dont la hauteur est de 0^m,007 plus forte que celle de la saillie qui est dans le milieu, alors les cales deviennent inutiles.

(2) Aide-mémoire. — Réception des essieux, 5^e. édition, pag. 168.

226. On donne le nom de balles de fer battu à de petits projectiles fabriqués en fer forgé; ces balles ne sont employées que dans des boîtes de fer-blanc, du calibre des pièces de campagne, et qui contiennent un nombre de balles déterminé pour chaque calibre (1).

La densité et la ténacité du fer forgé le rendent préférable à la fonte pour ces sortes de projectiles.

Choix du fer. On emploie les mauvais fers à la fabrication de ces balles, parce qu'ils ont une ténacité suffisante pour résister à un choc violent, et que d'ailleurs ces fers sont toujours à très-bas prix.

Préparation du fer. Les fers doivent être préparés en barreaux de longueur ordinaire. S'ils sont étirés au marteau à surface plane, on les façonne en prismes à huit pans; si on a des martinets à étampes, on leur donne la forme cylindrique; mais cette dernière forme peut s'obtenir plus facilement aux cylindres étircurs.

Instrumens nécessaires :

- 1°. Une forge de maréchal avec son enclume.
- 2°. Deux étampes ou matrices.
- 3°. Une masse.

(1) Aide-mémoire, 5^e. édition, pag. 522. — Table relative aux cartouches à balles.

4°. Une lunette à chaud.

5°. Une tranche.

6°. Deux pinces ou pincettes.

Travail. Pour fabriquer les balles, il faut deux ouvriers, un chef forger et un compagnon.

Les barres d'échantillon sont placées au feu de forge, au nombre de deux ou de trois; le fer étant chaud, le forger apporte l'extrémité chauffée sur l'*étampe inférieure* (logée dans un trou pratiqué sur la table de l'enclume); avec la main opposée, il tient l'*étampe supérieure* (garnie d'un manche), qu'il a soin de faire coïncider avec l'inférieure. Le compagnon frappe avec la *masse*, dont le poids est d'environ 3 kil, il donne 9 à 10 coups pour une balle n°. 1. du calibre de 8. Il varie le nombre des coups selon le numéro et le calibre en fabrication. Durant la percussion, le forger tient toujours la matrice supérieure sur le barreau, qu'il a soin de tourner de temps en temps. Dans ce travail on arrondit l'extrémité du barreau; le forger la mesure avec la *lunette*; si son diamètre est celui demandé, il détache la balle avec la *tranche*, et reporte la barre au feu; le compagnon replace la balle sur l'étampe inférieure, en employant la *pincette*; le forger la couvre de l'étampe supérieure d'une main, et de l'autre il tient une pincette, pour la retourner, tandis que le compagnon frappe 15 à 18 coups avec la *masse*; dans cette dernière opération, la balle prend une forme sphérique, et la bavure, ou la petite queue,

formée par l'action de la tranche disparaît entièrement.

Produit et consommation. Un atelier de deux ouvriers peut fournir dans une journée de douze heures, 600 balles n°. 1 du calibre de 8; et, pour produire 1000 kil. pesant de balles, il faudra 1200 kil. de fer d'échantillon et 1500 kil. de charbon de terre.

Projet
de fabrication.

227. La fabrication des balles par les moyens ordinaires présente de la lenteur, peu d'économie, etc. : pour la rendre plus simple nous proposons de faire usage d'un laminier dont les cylindres porteraient les cavités des matrices ou étampes; on présenterait le fer en barres entre ces cylindres d'où elles sortiraient divisées en balles ébauchées auxquelles on donnerait une forme plus exacte dans des étampes et par l'action d'un balancier.

Ce mode d'exécution serait d'autant plus économique que les balles de fer battu n'ont pas besoin d'avoir une sphéricité parfaite.

Réception des
balles.

228. Les balles de tous les numéros se vérifient par une lunette double, pour chaque calibre. Une ouverture est du diamètre des balles froides, et l'autre a trois points de moins, pour les balles de 12 et de 8, et deux points seulement pour les autres. Les balles doivent passer librement dans la grande lunette, et s'arrêter dans la petite. Enfin on pèse les balles pour s'assurer de leur poids (1).

(1) Réception des balles. — Aide-mémoire, 5^e. édition, pag. 522 et 523. — Dictionnaire de l'artillerie.

229. Les clous se fabriquent par deux moyens différens : 1°. par la percussion des marteaux à main ; 2°. par la pression des laminoirs ou autres machines.

Par percussion. Pour fabriquer les clous par les marteaux, on emploie du fer en verge d'échantillon convenable. On chauffe l'extrémité de la baguette, on lui donne sur l'enclume, la forme d'une pointe, on la coupe de longueur, on la fait entrer dans une étampe (*La clouière*) pour y former la tête.

Par compression. Pour fabriquer les clous, les anglais font usage de laminoirs dont les cylindres portent des empreintes, en sorte qu'en faisant passer à l'état rouge entre les cylindres, le fer laminé de l'épaisseur du clou, on obtient un grand nombre de clous réunis deux à deux par de petits diaphragmes que des enfans enlèvent à l'aide de cisailles (1).

On fabrique encore des clous à froid, et par le moyen de machines ; ce procédé est dû à un américain (*Jacob Perkins*) invention pour laquelle il prit une patente en 1795.

Tout le travail se divise en six opérations :

(1) Annales des arts et manufactures, tom. 3, pag. 294.

Idem tom. 9, pag. 84.

1°. Le fer préalablement laminé, se découpe en lanières avec des cisailles, perpendiculairement au nerf du métal;

2°. Les lanières sont divisées en formes de coins dans le sens des fibres du fer, en présentant à l'action des cisailles, l'extrémité de la lame sous un certain angle;

3°. Les coins reçoivent un recuit dans un four à reverbère;

4°. On forme la tête aux coins, pour les petits clous, par un coup de marteau à main, comme lorsqu'on fabrique les *pointes de Paris*; mais la tête des clous plus forts s'obtient par une étampe, mise en mouvement par une roue hydraulique;

5°. Les clous ébauchés sont placés, avec de la sciure de bois, dans des tonneaux mobiles sur leur axe; le frottement détruit les criques ou bavures, et la sciure absorbe l'oxide;

6°. Enfin, au sortir du moulin, on crible les clous pour les séparer de la sciure.

L'arme du génie, pour ses bâtimens, peut employer avec avantage les clous obtenus par des moyens mécaniques; mais l'artillerie est obligée de faire confectionner dans ses arsenaux, ceux dont elle a besoin pour son matériel, à cause de leur forme particulière et variée.

Emploi de la fonte pour remplacer le fer forgé.

230. *Réaumur* est le premier qui ait fait connaître, vers 1721, qu'il est possible d'employer la fonte dans la fabrication d'une foule d'objets

pour lesquels le fer est prodigué inutilement (1).

Les anglais qui ont eu connaissance du mémoire de *Réaumur*, en ont tiré tout le parti possible, quelque temps après sa publication; et ce ne fut qu'en 1818, qu'un fondeur de Paris (le sieur *Baradelle*) présenta à la société d'encouragement, les ouvrages en fonte adoucie, demandés aux artistes français; ouvrages pour lesquels cette société, réellement philanthropique, offrait depuis 1802 un prix de 1,500 fr. (2).

Les objets en fabrication chez *Baradelle*, étaient des petites roues d'engrenage, des targettes, des fiches, des charnières, des serrures, des casseroles, des couverts de table, des clous, etc. (3).

231. Dans les pays où les matériaux de construction sont d'un prix très-élevé, ou d'une prompte altération, le bois et les pierres peuvent très-bien être remplacés par la fonte ordinaire : la charpente en fer de la coupole de la halle aux blés, le premier pont sur la Seine, à Paris, et le pavé d'essai fait près du pont de *Blakfriar* (Londres), nous en fournissent des exemples; mais l'emploi de la fonte doit toujours être basé sur la valeur et sur la durée relatives des matériaux dans chaque localité.

Emploi de la fonte dans les constructions.

(1) Sidérotechnie, tom. 2^e, pag. 251.

(2) Bulletin de la société d'encouragement, 2^e année, p. 140.

(3) Mémoire de M. Gillet-Laumont, sur la fonte de fer adoucie : Annales des mines, première livraison, pag. 158.

CHAPITRE QUATRIÈME.

ART DE FABRIQUER L'ACIER.

—————

QUATORZIÈME LEÇON.

Composition chimique des aciers. — De l'acier naturel : *Choix des fontes.* — *Travail.* — *Théorie chimique de l'opération.* — *Influence nulle du manganèse sur les qualités des aciers.* — *Raffinage de l'acier naturel.* — *Ses propriétés.* — *Son usage.* — *Principaux lieux où on le fabrique.*

De l'acier de cémentation : *Choix des fers de France pour être convertis en acier.* — *Travail pour obtenir cet acier.* — *Théorie de l'opération.* — *Propriétés et usages de l'acier de cémentation.* — *Principaux lieux où on le fabrique.*

De l'acier fondu : *Son histoire.* — *Lieux de sa fabrication.* — *Procédés pour l'obtenir.* — *Théorie de l'opération.* — *Propriétés et usage de l'acier fondu.*

Composition
chimique des
aciers.

232. Réaumur est le premier qui ait porté la lumière dans les procédés de fabrication de l'acier : les connaissances chimiques, peu approfondies avant lui, ne permettaient pas d'expliquer les différents états dans lesquels le fer est susceptible de passer par sa combinaison avec le charbon ; mais

lorsque le domaine de la science s'est agrandi et que l'analyse est venue au secours de la théorie, on s'est convaincu que l'acier est le résultat de la combinaison du fer avec du charbon ou avec des métaux : il ne sera question pour le présent, que des composés de fer et de charbon.

233. L'acier peut se trouver sous différens états, Distinction.
selon la quantité de charbon combiné avec le fer ; de là résultent diverses sortes d'aciers, que l'on divise en trois espèces ; portant des noms dérivés des trois manières de fabriquer ce composé.

- 1^{re}. Acier naturel.
- 2^e. — de cémentation.
- 3^e. — fondu.

ACIER NATUREL.

234. On donne les noms *d'acier naturel*, *d'acier de forge*, *d'acier de fusion*, *d'acier de terre* et *d'acier d'Allemagne*, à celui que l'on se procure directement de la fonte.

235. Les fontes que la théorie indique, et que Choix des fontes
la pratique confirme comme étant les plus faciles à convertir en acier, sont celles qui contiennent peu de charbon, aussi les fontes blanches pures sont-elles recherchées pour cette fabrication.

Lorsque les fontes ne contiennent pas assez de charbon, il faut conduire l'opération de manière à leur en incorporer la quantité nécessaire, comme cela se pratique en Carinthie (1).

(1) Jars et Duhamel, voyage métallurg., tom. 1, pag. 25.

Les fontes employées dans les aciéries du Tyrol et de la Styrie sont quelquefois trop carburées; on les débarrasse de leur excès de charbon, en ajoutant dans le bain des battitures ou de la vieille ferraille (1), ou bien on convertit la fonte en plaques: ce dernier procédé est suivi à *Eisenhartz* (2), et à *Beze* (Côte-d'Or).

La théorie indique aussi que l'acier peut s'obtenir par des mélanges de fontes grises et de fontes blanches; ce mode est suivi dans quelques aciéries: il exige beaucoup de soin et d'habitude, ce qui fait qu'il donne rarement des produits semblables.

L'acier naturel s'obtient encore directement des minerais; on choisit ceux de fer carbonaté magnésien, et les hématites hydratées, que l'on traite à la Catalane (3).

Travail.

236. Les opérations, à l'aide desquelles on obtient cette espèce d'acier, diffèrent peu de celles qu'on emploie pour se procurer le fer, et les forges d'aciéries sont entièrement semblables aux feux des affineries (4).

Le travail de l'aciéreur doit reposer sur trois soins différens :

1°. Déterminer la prompte fusion de la fonte, pour qu'elle soit le moins possible exposée au vent des soufflets;

(1) Jars et Duhamel, voyage métallurg., tom. 1, pag. 68.

(2) Annales des arts, et manuf., tom. 19, pag. 124.

(3) Sidérotechnie, tom. 4, pag. 100.

(4) Fabrication, traité du fer et de l'acier (Manson), p. 172 et suivantes.

2°. La tuyère doit être placée horizontalement, et non porter son vent dans le bain ;

3°. La fonte à l'état liquide, doit toujours être recouverte d'une couche de laitier, pour la priver du contact de l'air.

Le concours de ces trois conditions est nécessaire : 1°. pour ne pas brûler la totalité du charbon de la fonte ; 2°. pour favoriser sa combinaison avec le fer ; ce qui a pour résultat de faire passer le métal à l'état d'acier.

Théorie. Le travail des aciéries diffère de celui des affineries, en ce que pour obtenir du fer, on enlève à la fonte tout le charbon qu'elle contient ; tandis que pour se procurer de l'acier, on favorise la combinaison du charbon avec le fer.

237. Les artistes qui emploient l'acier naturel, ^{Influence nulle du manganèse.} donnent toujours la préférence à celui qui nous vient de l'Allemagne ; et presque tous les objets de taillanderie un peu précieux sont confectionnés avec cet acier étranger. L'avantage qu'il a sur le nôtre, a été attribué à ce que l'acier naturel se fabrique en Allemagne, avec des fontes qui contiennent du manganèse ; tandis qu'en France on emploie des fontes dans lesquelles ce métal n'existe pas. M. Stünkel, minéralogiste allemand, avait déjà donné un mémoire sur l'influence du manganèse dans les fers propres à fabriquer l'acier (1), lorsque M. de Gazeran, chargé par le

(1) Traduction de M. d'Ambuisson. — Journal des mines, tom. 16, pag. 173.

gouvernement français de l'inspection de ses forges, s'est livré à des analyses qui l'ont conduit à avancer que l'acier naturel que l'on obtient constamment de bonne qualité, est un mélange de fer pur avec le manganèse combiné au charbon (1).

Mushet a analysé les minerais de Suède qui donnent le fer avec lequel on fait l'acier; il n'y a pas rencontré de manganèse. Le même chimiste n'en a pas non plus rencontré dans les minerais d'Angleterre.

Enfin M. Hassenfratz prouve, par une suite de faits, que la présence du manganèse n'est pas nécessaire pour obtenir de bons aciers (2); opinion qui doit être admise.

Raffinage.

238. Quel que soit le mode employé pour la fabrication de l'acier, cette substance à l'état brut peut encore retenir du laitier, et le charbon qu'elle contient peut y être réparti d'une manière inégale; ce qui donne à cet acier une qualité inférieure qui en restreindrait l'usage, si on ne lui faisait subir l'opération du raffinage.

Le raffinage consiste à étirer l'acier en lames minces; à mesure qu'elles sortent du martinet, on les jette dans l'eau pour les tremper, on les casse ensuite pour en distinguer la qualité dans la cassure, on réunit les morceaux en ayant soin de les

(1) Observation de M. de Gazerau, sur les aciers naturels. *Annales de chimie*, tom. 36, pag. 61.

(2) *Idem* 2^e. collection, tom. 3, pag. 212.

mélanger, et on en compose de la sorte des *trousses* que l'on chauffe et que l'on forge au martinet, pour en obtenir de nouvelles barres.

La percussion est donnée lentement d'abord, pour commencer le rapprochement des molécules, et ce n'est que successivement qu'on augmente son action, pour opérer le rapprochement complet; sans cette précaution l'acier serait couvert de défauts.

Le raffinage de l'acier n'est donc qu'un corroyage par lequel on exprime les corps étrangers, et on donne de l'homogénéité à la matière.

Dans la conversion de la fonte en acier brut, il y a une perte estimée, terme moyen, à 14 p. $\frac{1}{100}$, et si on comprend le raffinage, cette perte s'élève à 18 (1).

239. La conversion de la fonte en acier n'est pas plus difficile à exécuter que l'affinage du fer; il n'en est pas de même de la fabrication des autres aciers; aussi la simplicité du travail rend-il l'acier naturel d'un prix modique, et c'est sans doute pour cette raison qu'on en confectionne un grand nombre d'outils, quoique souvent ils soient inférieurs à ceux qu'on fait avec d'autres aciers.

Propriétés et
usage.

Les aciers naturels diffèrent entre eux, cependant ils ont des caractères qui leur sont communs. C'est principalement dans la cassure fraîche de l'acier qu'on peut juger de sa qualité.

L'acier brut présente le grain de la fonte, quelquefois mêlé de parties fibreuses. Le raffinage et la

(1) Raffinage de l'acier en Styrie : Annales des arts, etc., tom. 19, pag. 356, ou journal des mines, tom. 13, pag. 194.

trempe qu'on lui fait subir, font changer la texture et la couleur du grain, en sorte qu'après ces opérations, il faut être bien exercé pour reconnaître l'acier naturel.

On remarque quelquefois dans la cassure de l'acier naturel une tache, appelée la *rose*, qui présente les couleurs de l'iris; elle s'étend jusque vers les bords de la barre, et diminue d'intensité en s'approchant du centre. Ce caractère est infidèle pour juger de la bonté de l'acier.

L'acier naturel est sujet à avoir des pailles, des gerçures et des doublures; après la trempe il est moins dur et moins cassant que les autres, ce qui le rapproche du fer; il a la propriété de se forger, et de bien se souder avec le fer; c'est pourquoi on le choisit pour habiller les outils (1). C'est encore l'acier naturel qui est employé dans les manufactures d'armes et dans les arsenaux.

Lieu de fabrication.

240. On fabrique l'acier naturel en France, dans un grand nombre de départemens; mais les principales aciéries sont situées dans ceux de l'Isère, de la Nièvre, de la Drôme, de la Côte-d'Or et de la Garonne.

Parmi les aciers naturels de France, celui de *Rive* est aussi estimé que celui d'Allemagne. Il a du corps, il est facile à redresser, même après la trempe, ce qui le rend particulièrement propre à

(1) Habiller un outil, signifie revêtir d'acier la partie qui doit être tranchante.

la grosse coutellerie; c'est cet acier que l'on emploie dans cette foule d'ateliers qui couvrent le Forez (Loire).

On trouvera dans différens ouvrages, des détails sur la fabrication de l'acier naturel (1).

ACIER DE CÉMENTATION.

241. La fabrication de l'acier de cémentation diffère de celle de l'acier naturel, en ce qu'au lieu de combiner le charbon contenu dans la fonte, on introduit cette matière combustible dans du fer forgé. Cette combinaison se fait dans de grandes caisses exposées à une haute température.

242. Tous les fers forgés ne sont pas propres à fabriquer l'acier de cémentation; ceux par exemple qui cassent à froid ou à chaud donnent des aciers intraitables, ils se brisent sous le marteau, se gercent et se cassent à la trempe.

Choix des fers
de France pour
la cémentation.

Il est donc indispensable de connaître les fers qui conviennent le mieux à la fabrication de l'acier; et le gouvernement, qui en sentait toute l'importance, ordonna des recherches sur cet intéressant objet: en 1780, M. de Grignon fut chargé de faire des expériences, pour connaître quelles étaient

(1) Encyclopédie méthodique, tom. 1^{er}, pag. 452.

Sidérotechnie, tom. 4, pag. 44.

Annales des arts, etc., tom. 19, pag. 113 et 245; tom. 51, pag. 161.

Journal des mines, tom. 13, pag. 194; tom. 15, pag. 271.

les provinces de France qui fournissaient les fers les plus propres à être convertis en acier (1).

On réunit des fers des départemens de l'Arriège, des Pyrénées-Orientales, de l'Isère, du Haut et du Bas-Rhin, du Doubs, de la Haute-Marne, de l'Aube, de l'Indre, etc.; et, pour servir de terme de comparaison, on se procura aussi des fers de Suède, d'Espagne, de Russie et de Sibérie.

Tous ces fers furent réduits au même échantillon et placés dans une caisse de cémentation : les fers de différentes qualités éprouvèrent des modifications dépendantes de leur caractère particulier.

Les fers des départemens du Haut et du Bas-Rhin furent ceux de France qui produisirent les aciers les plus fins pour la pâte; mais ces aciers n'étaient pas aussi nets que ceux qui provenaient des fers des départemens de la Marne et de l'Aube.

En général, les fers les plus doux, tels que ceux de Suède et du département de l'Indre, ont donné des aciers beaucoup plus vifs que les fers durs.

Les fers de Sibérie ont fourni un acier très-dur et même défectueux; ceux d'Espagne ont donné un acier propre à des ouvrages qui exigent un beau poli.

M. de Grignon conclut que tous les fers de France ne peuvent pas être convertis en acier de cémentation; mais qu'il en est beaucoup qui, étant fabriqués avec soin, peuvent en fournir de très-fin.

(1) Journal de physique, septembre 1782.

Les fers qui ont été reconnus les plus propres à la cémentation provenaient des provinces comprenant les départemens dont les noms suivent :

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Haut et Bas-Rhin. | 7. Pyrénées-Orientales. |
| 2. Haute-Marne. | 8. Arriège. |
| 3. Haute-Saône. | 9. Doubs. |
| 4. Aube. | 10. Moselle. |
| 5. Isère. | 11. Indre. |
| 6. Corrèze. | 12. Côte-d'Or. |

Les fers de la Côte-d'Or donnent de mauvais aciers ; il faut en excepter les fers que fournissent les forges voisines de la Haute-Saône, qui emploient les minerais de ce dernier département.

Réaumur avait pensé que les caractères qui se rencontrent dans la cassure des fers, pouvaient servir à indiquer à l'avance les qualités de l'acier ; il avait établi sept nuances qui formaient autant de classes, dans lesquelles tous les fers venaient se ranger (1).

Nous faisons observer que ces caractères peuvent varier, selon les opérations auxquelles ces mêmes fers ont été soumis.

243. La cémentation se fait dans une ou plusieurs caisses, d'une longueur proportionnée à celle des barres de fer que l'on veut convertir en acier ; les caisses se construisent en briques réfractaires, dans un fourneau capable de recevoir un grand coup de feu.

Travail.

On ne fait pas usage de caisses en fer laminé,

(1) Arts de convertir le fer en acier, 6^e. mémoire, pag. 152.

parce que le métal serait promptement détruit, soit par son oxydation, soit par sa combinaison avec le charbon.

La construction et les formes des fourneaux sont décrites dans plusieurs ouvrages (1).

On place dans le fond des caisses un lit de poussière de charbon, d'au moins 0^m014 (6 lignes) d'épaisseur, que l'on bat fortement. On met sur cette couche un premier rang de barres d'égale épaisseur, séparées les unes des autres de quelques lignes, pour que la poussière de charbon puisse pénétrer entre les barres et en toucher les parties latérales; on recouvre ce rang d'une seconde couche de charbon, et on la charge d'un second rang de barres qui croisent les premières; on continue ainsi, lit par lit, en ayant toujours soin que les barres ne se touchent pas. On met, en dernier lieu, une couche de charbon de 0^m,0541 (2 pouces) d'épaisseur environ, et on ferme la caisse, pour empêcher que le charbon ne se brûle par le contact de l'air; pour y parvenir, on couvre la caisse avec une couche de sable fin d'au moins 0^m,0541 (2 pouces) d'épaisseur, et on mouille pour mieux tasser à la pelle.

Le tout ainsi disposé, on met le fourneau à feu, en employant la houille ou le bois; on élève la température entre 80° et 90° du pyromètre de Wedg-

(1) Voyages métal. de Jars, tom. 1^{er}, pag. 152, planch. 8^e.
Sidérotechnie, tom. 4, pag. 27, planch. 59, fig. M et suiv.
Avis aux ouvriers en fer sur la fabrication de l'acier, pag. 13.

wood ; alors les caisses rougissent ; on entretient le feu pendant six jours et six nuits ; au bout de ce temps , on retire des morceaux d'acier , par une ouverture pratiquée à l'extrémité des caisses , et qui reste bouchée durant le travail. Ces morceaux se nomment *éprouvettes* ou *témoins* ; on juge par leur trempe et par leur cassure , si l'opération est terminée.

On abandonne le fourneau au repos ; et , après son refroidissement , on retire les barres de fer qui alors sont converties en acier.

Au sortir du ciment , le fer se nomme *acier poule* , ou *acier boursoufflé*. Sa surface est ordinairement couverte d'ampoules , et l'intérieur paraît spongieux ; effets qui ne sont dus qu'au dégagement d'un fluide élastique.

Si le feu n'a pas été assez fort , le charbon n'a pas pénétré dans le centre des barres , et le fer n'est pas converti entièrement à l'état d'acier ; si au contraire il a été trop violent , l'acier devient très-fragile à la trempe ; les deux extrêmes de température qui fournissent ces résultats sont 75° et 100° du pyromètre.

244. *Théorie.* Nous avons déjà vu que l'acier n'est que la combinaison du charbon avec le fer ; on en acquiert la preuve dans la cémentation , puisque le fer se trouve dans la caisse , entouré de charbon seulement. Dans la cémentation , exécutée comme on vient de l'expliquer , le fer a augmenté de poids : si par exemple on a logé 100 kil. de fer dans les caisses , on en retire 101 kil.,50 à l'état

d'acier ; ainsi il faut admettre qu'à une haute température le charbon pénètre dans le métal.

La pénétration du charbon ne pouvant s'opérer que de la surface au centre, il s'ensuit que les tranches supérieures doivent contenir plus de charbon que celles du centre, et qu'il faut plus de temps pour cémenter les gros barreaux, que pour cémenter les petits. Réaumur a prouvé que, s'il fallait douze heures pour cémenter une barre de 0^m,0135 (6 lignes) d'épaisseur, il fallait 36 heures pour cémenter, jusqu'au centre, une barre de 0^m,027 (12 lignes).

Propriétés et usage.

245. L'acier poule ne peut être employé sans avoir été forgé ; il faut rapprocher, à coups de marteau, et souder à chaud les parties que le fluide élastique avait séparées ; c'est après l'action du martinet qu'il prend un grain fin, et qu'il est répandu dans le commerce.

L'acier de cémentation qui a été forgé a le grain égal dans sa cassure ; il est plus dur et plus cassant que l'acier naturel, et il prend un plus beau poli. On l'emploie dans toutes les circonstances qui exigent les qualités qu'on vient de détailler : on peut donc en faire des limes, des râpes, des marteaux ordinaires, des étampes, des emporte-pièces, des burins, des forets, etc.

Lieux de fabrication. On fait de l'acier de cémentation dans un grand nombre de départemens, on cite les aciéries de St.-Etienne (*Loire*) ; de Néronville (*Loiret*) ; de Moutierhausen (*Moselle*) ; et celle de St-Denis (*Aude*), comme fournissant de bons produits.

246. *Histoire.* La méthode de fabriquer l'acier fondu est une découverte faite par Huntsmann, de Seheffield, en 1750. Son procédé, quoique très-simple, demeura secret, et les anglais furent les seuls qui fournirent cet acier à l'Europe entière jusqu'en 1804.

Peu de temps après cette découverte, le gouvernement français proposa des encouragemens à nos manufacturiers, et ses demandes réitérées demeurèrent sans succès.

En 1788, M. Chalut, officier d'artillerie, publia qu'on pouvait obtenir de l'acier fondu, en employant du verre, excepté celui dans lequel entre du plomb ou de l'arsenic (1).

Vers 1799, le professeur de chimie de l'école de Mézières (Clouet), fit connaître la possibilité de fondre l'acier, et même de convertir le fer en acier fondu, par une seule opération. Ce chimiste distingué poussa très-loin les recherches qu'il fit sur ce sujet, et publia toutes ses expériences (2).

Mushet employé dans les fonderies de *Clyde* près de *Glasgow*, obtint une patente, en date

(1) Annales de chimie, tom. 19, pag. 38.

Journal de physique, tom. 33, pag. 46.

(2) Journal des mines, tom. 9, pag. 1^{re}.

Rapport à l'Institut, du 16 messidor an VI, Annales de chimie, tom. 28, pag. 19. Mémoires de l'Institut, tom. 2, pag. 81.

du 13 novembre 1800, pour la fabrication de l'acier fondu, par des procédés particuliers.

M. Poncelet, dont le nom est si connu, s'est formé sous M. Clouet, et a acquis du savant chimiste des connaissances profondes dans la sidérurgie. Cet artiste habile éleva à Liège, une fabrique d'acier fondu, dans laquelle il prépare le métal dont il a besoin pour faire toutes ses limes, qui sont une branche très-étendue de son commerce.

Lieux de fabrication. En 1807, la société d'encouragement proposa un prix de 4000 francs, pour la fabrication en grand de l'acier fondu; ce prix fut accordé à M. Poncelet, de Liège.

Peu de temps après (vers 1810), on vit créer plusieurs établissemens, travaillant en acier fondu, dont les principaux sont ceux d'Alais (*Gard*), et de Carcassone (*Aude*).

Une société de S.-Etienne (*Loire*) (1), fit élever une acierie *au Chambon*, et en confia la direction à un anglais, le sieur James Jackson.

Enfin, en 1818, un établissement plus important a été créé dans le même département (2), et les succès qu'on y a obtenus honorent d'autant plus son directeur (M. Baunier, ingénieur des mines), que ses produits ne laissent rien à désirer.

Procédé de Huntsmann. 247. Par le procédé de Huntsmann, on emploie de l'acier naturel ou de cémentation; on casse les

(1) MM. Robin-Peyret et compagnie.

(2) A la Bérardière, propriétaire M. Milleret.

barres d'acier en petits fragmens ; on les introduit dans un creuset d'argile avec une certaine quantité de verre pilé et de chaux en poudre. Le creuset étant rempli, on le lute, et on le porte dans un fourneau à vent, dont la température est égale à celle qui serait nécessaire pour souder le fer.

L'acier étant fondu, on l'agite avec une verge de fer pour opérer le mélange, puis on le jette en moule pour en obtenir de petits objets de bijouterie ; ou bien on verse la matière dans des lingotières en fer ; les lingots sont ensuite forgés et répandus dans le commerce sous les noms *d'acier fondu* ou *d'acier Huntsmann* (1).

248. Pour obtenir de l'acier fondu par le procédé de Clouet, on opère ainsi qu'il suit :

Procédé de
Clouet.

Chaux carbonatée	2 parties.
Argile calcinée	2
Fer doux en fragmens	6

On introduit ce mélange dans un creuset d'argile ; on le chauffe dans un fourneau à vent, jusqu'au blanc ; on l'entretient dans cet état, pendant quelques heures ; puis on coule dans une lingotière en fer.

Clouet a encore réussi à former de l'acier, en fondant ensemble les matières suivantes :

Verre pilé	1 partie.
Charbon pulvérisé	1
Fer doux en fragmens	30

(1) Voyage métallurgique de Jars, tom. 1, pag. 257.

Ces résultats ne sont pas les seuls : le même savant a aussi traité des mélanges particuliers

de fonte et d'oxide de fer ,
de fonte et de fer forgé ,
d'oxide de fer et de fer ,
d'oxide de fer et d'acier.

Il a remarqué que l'oxide et le fer ne s'unissent pas intimement, qu'un cinquième de fonte suffit pour rendre le fer acier, qu'un sixième d'oxide ramène l'acier ordinaire à l'état de fer (1). Tous ces différens modes de fabrication ne sont point exécutés en grand.

Procédé
de Mushet.

249. Mushet est parvenu à fabriquer de l'acier fondu en grand, en traitant des mélanges variés de fer et charbon, dont nous citerons les principaux :

- 1°. { Fer malléable en fragmens.
 { Coak, ou carbure de fer.

Le fer malléable peut être remplacé par de la ferraille oxidée; dans ce cas, l'auteur augmente la quantité de coak, qu'il préfère au charbon végétal.

On introduit ce mélange dans des creusets capables de résister à une haute température; la matière entre en fusion et on la coule en lingots ou dans des moules.

- 2°. { Tritoxide de fer.
 { Coak, ou carbure de fer.

(1) Résultats d'expériences sur les différens états du fer, par Clouet, — Journal des mines, tom. 9, pag. 1^{re}.

Le fer doux ou la ferraille peut être remplacé par des minerais riches en fer ; on les grille , on les pulvérise , et on en fait , avec le coak , un mélange que l'on traite comme la première composition.

Le même chimiste fabrique encore de l'acier fondu , en remplaçant le charbon par du verre , de l'argile , de la chaux carbonatée , etc.

On voit donc que , par les procédés de Mushet , en variant les proportions de la matière charbonneuse , ou en la remplaçant par des flux , on peut obtenir différentes qualités d'acier , aussi variées que les différentes espèces de fer ou de fontes peuvent l'être entre elles (1).

250. Le mode de fabriquer l'acier fondu , soit au Charbon , soit à la Bérardière (*Loire*) , repose sur le même principe , et il offre peu de différence dans les deux établissemens , où on fabrique l'acier de cémentation pour le fondre ensuite.

Procédé suivi
au Chambon et
à la Bérardière.

Tous les fers forgés ne sont pas propres à produire l'acier fondu. M. Poncelet avait déjà trouvé que les fers de Gincla (*Aude*) , et ceux de Duren (ancien département de la *Roër*) , lui fournissaient les meilleurs aciers.

Au Chambon , on fait usage des fers de la Haute-Saône ; à la Bérardière , on n'emploie que des fers de Beaupertuis (*Isère*) , et ceux-ci sont obtenus des fontes du fourneau de S^{te}-Hugon , alimenté par le minerai d'Allevard (n^o. 105).

(1) Annales des arts et manufactures , tom. 7 , pag. 249 ; ou Bibliothèque britannique , tom. 18 , pag. 375 ; ou Annales de chimie , tom. 41 , pag. 178.

Les barres de fer étant cimentées, on les casse en petits morceaux carrés; on en examine le grain, pour classer ces fragmens selon la qualité d'acier qu'on veut fabriquer; puis on en remplit des creusets réfractaires qui ont 0^m,16 de diamètre, sur 0^m,35 de hauteur, et qui peuvent contenir 12 à 15 kil. de matière.

On opère la fusion dans des fourneaux à vent dont le foyer est de forme quadrangulaire; ils sont couverts par une portière faite d'une ou de deux briques réfractaires réunies par un châssis en fer. Plusieurs fourneaux sont à côté l'un de l'autre, et les cheminées hautes de 12^m. environ, sont logées dans l'épaisseur du mur qui sert d'adossement.

On place chaque creuset sur la grille d'un fourneau; ils y reposent sur des tourteaux ou supports en argile. On entoure les creusets avec du coak; et en moins de trois heures la matière est fondue. Alors on coule le métal dans des lingotières en fer, où il prend la forme d'un prisme octogone.

Le lingot obtenu ressemble à une petite pièce d'affinerie; on le forge sous diverses qualités et échantillons, pour être mis dans le commerce (1).

251. *Théorie.* Il est facile de se rendre raison de ce qui se passe dans la fabrication de l'acier fondu.

Si le composé résulte de la fusion de l'acier

(1) Au Chambon on ne fait qu'une sorte d'acier fondu; mais à la Bérardière, on fabrique deux qualités d'aciers; 1^o. l'acier fondu doux; 2^o. l'acier fondu vif.

de cémentation, l'aciération doit être attribuée à la combinaison préalable du charbon, combustible que l'analyse fait retrouver.

Lorsqu'on fabrique de l'acier avec des cémens non-charbonneux ou des flux, il faut bien admettre que la conversion du fer en acier soit due à la présence d'autres matières que l'analyse chimique y fait découvrir : ces substances sont les métaux qui par leur mélange à l'état d'oxide, formaient le flux terreux employé ; ainsi dans ce dernier cas, au lieu d'avoir des aciers regardés comme sous-carbures, on a de véritables alliages.

Telle est la théorie d'aujourd'hui (1823), appuyée sur des expériences qui sont loin d'être nouvelles, puisque Rinmann avait déjà obtenu de l'acier sans charbon (1).

D'après ces observations, on est en droit d'avancer, qu'il existe deux causes d'aciération bien distinctes.

1°. Qu'avec les cémens charbonneux on obtient de l'acier qu'on doit considérer comme un proto-carbure de fer.

2°. Qu'avec des flux non-charbonneux, on forme aussi des aciers qui sont de véritables alliages.

252. L'acier comme le fer est susceptible d'entrer en combinaison avec divers métaux, tels que l'argent, l'or, le platine, le rhodium, l'iridium, l'osmium, le palladium, le chrome, etc.

Des expériences faites en petit et répétées en

(1) Encyclopédie méthodique (chimie), tom. 1, pag. 428.

grand par MM. Stodart et Faraday, prouvent que l'acier combiné avec 0,01, et même moins de l'un des métaux ci-dessus, forme des alliages que leurs propriétés rendent supérieurs aux aciers charbonneux (1).

Propriétés et
usage.

253. L'acier fondu est plus homogène que tout autre, qualité qu'il doit à l'état liquide que lui a donné la fusion ; il est exempt de cendrules, ce qui fait qu'il prend un beau poli. Il est peu soudable, à cause de sa fusibilité ; en effet on ne peut le chauffer qu'au rouge cerise ; une chaude plus élevée le ferait fondre, et c'est à cette première couleur qu'on parvient à le souder avec le fer, en donnant à celui-ci une chaude suante ; mais il faut beaucoup de précautions, et cette opération est regardée comme exigeant toute l'adresse et le savoir d'un bon forger.

L'acier fondu doit être employé pour les limes fines et superfines, les filières, les petits laminoirs d'orfèvre, les instrumens fins et tranchans, tels que les lancettes, les canifs, les bistouris, les rasoirs et pour les outils dont le tranchant doit être délicat.

Nous avons été témoin d'expériences faites à l'arsenal de *Metz*, sur l'emploi de cet acier dans la composition des instrumens des ouvriers en bois ; en suivant les précautions indiquées, on est par-

(1) Annales de chimie et de physique, tom. 15, pag. 127.

Idem. tom. 21, pag. 62.

Bulletin de la société d'encouragement, 19^e année, pag. 313.

venu à le souder avec le fer; mais on remarquait toujours sur l'outil des crevasses profondes, qui indiquaient d'une manière sensible les points de jonction de l'acier au fer. De tous les outils essayés, les planes et les ciseaux, au-dessous de 0^m,027 (1 pouce) de largeur, sont les seuls instrumens qui aient résisté. Sans doute que les ouvriers réussiraient mieux à souder cet acier, s'ils étaient exercés à ce genre de travail; toutefois l'acier fondu ne pourra servir que pour les petits objets.

QUINZIÈME LEÇON.

De la trempe et du recuit de l'acier. — Couleurs auxquelles on doit s'arrêter pour obtenir une dureté constante dans les outils. — Théorie de la trempe et du recuit de l'acier. — Trempe en paquet.

Fabrication des limes : Distinction de ces instrumens. — Choix de l'acier. — Forme, taille et trempe des limes. — Cémentation des scies, des grosses limes, etc. dans les arsenaux. — Cémentation des outils dans les parcs. — Moyen chimique pour distinguer le fer de l'acier. — Analyse de l'acier.

254. L'acier qui vient d'être forgé n'est pas plus dur que le fer, et il se travaille de la même manière; mais avant de l'employer comme instrument, on le durcit par l'opération qu'on nomme la *trempe*. De la trempe.

Il suffit, pour tremper l'acier, de le faire passer d'une température élevée à une plus basse, en le plongeant chaud dans un milieu froid.

Le refroidissement subit de l'acier ne change, en aucune manière, la nature du métal; il donne seulement une autre disposition à ses molécules, et lui transmet une si grande dureté, qu'après l'opération, l'acier entame tous les corps durs, à l'exception du diamant et des pierres scintillantes.

La dureté qu'acquiert l'acier à la trempe, est toujours relative, 1°. à l'élévation de la température; 2°. à la propriété conductrice de la substance dans laquelle il a été plongé, ou autrement, en raison inverse de la longueur du temps écoulé pendant le refroidissement. Il suit de là que, pour tremper l'acier, on peut le plonger dans de l'eau, de l'huile, du suif, du mercure et dans un courant d'air froid; tous ces corps jouissant différemment de la propriété conductrice, doivent effectivement rendre l'acier plus ou moins dur.

Lorsque la science était encore au berceau, l'ignorance la plus complète accompagnait les opérations des artistes, et on voyait employer des mélanges plus ou moins ridicules, que l'on composait avec des acides, des sels, du savon, du sable et particulièrement avec des plantes aromatiques; si le hasard faisait réussir l'opération, on l'attribuait à la présence de ces substances étrangères: c'est de là qu'est résulté une foule de préparations long-temps demeurées secrètes, et dont on

rencontre des recettes dans les livres des anciens. Ces compositions n'ont pas la moindre influence sur la bonté de l'acier, comme l'a prouvé Réaumur.

L'acier ayant besoin d'une dureté relative à l'usage auquel on le destine, il semblerait qu'on dût le chauffer plus ou moins, et le plonger dans un corps plus ou moins conducteur; mais il serait très-difficile d'avoir, pour des pièces un peu grosses, une dureté constante et égale; on préfère donc tremper l'acier pour l'obtenir très-dur d'abord, et diminuer ensuite cette dureté par le *recuit*.

255. L'acier ayant acquis de la dureté par un prompt refroidissement, on peut la lui enlever, et le rappeler à son premier état, en rendant à ses molécules leur disposition primitive; il suffit, pour produire cet effet, de l'exposer à l'action du calorique; c'est cette opération qu'on nomme le *recuit*. Du recuit.

Ainsi, si on expose un outil d'acier trempé à une température égale à celle qui a été employée pour opérer la trempe, on fait perdre à l'outil toute la dureté qu'il avait reçue dans cette première opération. Si, au lieu de lui donner une température égale à celle qu'on lui avait communiquée d'abord, on l'expose à un degré de chaleur moindre, l'outil ne perdra qu'une partie de sa dureté.

On pourrait atteindre le degré de recuit qui convient à chaque outil, en employant des pyromètres, pour avoir une dureté constante; mais les artistes ont des moyens plus simples, et qui demandent cependant beaucoup d'habitude.

256. *Couleurs.* Si on expose un morceau d'acier trempé et décapé à l'action graduelle du calorique, on remarquera bientôt que sa surface s'oxidera, et qu'il prendra des couleurs, dont la variation et l'intensité seront relatives à l'élévation de température et à la durée de l'opération. Ce sont ces couleurs qui servent de guide aux artistes pour recuire l'acier, et lui laisser la dureté qu'il doit avoir. Nous les indiquerons dans l'ordre qu'elles se présentent :

- | | |
|----------------------|--------------------|
| 1°. Le jaune paille. | 5°. Le violet. |
| 2°. Le jaune. | 6°. Le bleu. |
| 3°. L'orange. | 7°. Le vert d'eau. |
| 4°. Le rouge. | 8°. Le gris. |

Comme chacune de ces couleurs indique des températures différentes, on peut facilement, en les observant, juger du degré auquel il convient d'amener les outils pour les recuire. Il faut cependant apporter beaucoup d'attention dans le recuit des pièces, parce que ces couleurs se succèdent avec une rapidité telle qu'on pourrait outrepasser le point désiré.

Lorsque l'artiste a peu d'expérience, il emploie d'autres moyens, croyant obtenir des degrés constants de température; il couvre son outil à recuire, soit avec de l'huile, de la graisse ou du suif; ou bien il y pose, soit de la sciure de bois ou des substances animales : son outil étant ainsi chargé, il le porte dans le feu, avec précaution, et il le sort

lorsque ces substances combustibles acquièrent tel ou tel caractère par l'action du calorique. Ce mode, qui semblerait être le plus exact, offrant encore plus d'incertitude que le premier moyen, doit être abandonné.

La pièce ou l'outil à recuire, étant arrivée à la couleur convenable, on la laisse refroidir à l'air.

257. *Théorie de la trempe.* La dureté que prend l'acier dans la trempe, est difficile à expliquer; et, de toutes les différentes théories données pour rendre raison de ce changement d'état, il n'en est aucune qui soit pleinement satisfaisante.

On sait qu'après la trempe, l'acier a augmenté de volume, que cette augmentation est d'autant plus forte que la masse est plus considérable, et que son refroidissement s'est opéré plus promptement.

De ces observations on conclut qu'à l'instant de l'immersion, les molécules refroidies à l'extérieur se moulent sur celles du centre, qui sont dilatées; ce qui leur fait prendre des dimensions plus grandes qu'elles n'auraient eues, si elles avaient été abandonnées à un refroidissement lent. Les molécules du centre se refroidissent aussi; et, comme les couches extérieures sont, dans ce moment, à l'état solide, elles s'opposent, par suite de leur attraction, au rapprochement des molécules du centre.

Il semblerait donc que, dans l'acier trempé, les

molécules se trouvent dans un état forcé ; ce qui fait changer les propriétés du métal.

**Théorie
du recuit**

258. Lorsqu'on recuit l'acier, on détruit la disposition particulière qu'avaient prise ses molécules, en sorte qu'on peut le ramener à son premier état en le chauffant fortement.

Pendant le recuit de l'acier, sa surface change de couleur avec la température ; cet effet est dû à l'oxidation du métal, puisqu'il est exposé à l'action de l'air, favorisée par celle du calorique ; nous en avons la preuve par les figures que l'on rencontre à la surface des lames de sabre de fantaisie, et qu'on obtient en se servant d'une composition huileuse, avec laquelle on forme des fleurs ou des ornemens, et en exposant la lame au feu, la partie couverte conserve son brillant métallique, tandis que celle qui était en contact avec l'air s'oxide.

L'acier blanchi qui a été recuit présente donc à sa surface une couche d'oxide sur laquelle la lumière, en se décomposant, peut produire, en raison de l'épaisseur de l'oxide, huit couleurs différentes (n°. 256).

Toutes les fois que l'on opère la trempe, l'acier s'oxide d'abord dans le foyer ; puis il se décape dans le moment de l'immersion. Les ouvriers appellent *découvrir l'acier* ce décapage qu'on peut assimiler à cette autre opération qu'on nomme *parer l'ouvrage*, parce que l'effet qui en résulte est le même dans les deux cas.

**De la trempe
en paquet.**

259. Nous avons vu que, pour opérer la trempe ordinaire, il suffit de plonger l'acier chaud dans

un milieu froid ; mais l'opération de la trempe en paquet en diffère tellement, que cette expression est très-impropre ; néanmoins on doit la conserver, puisqu'elle est consacrée.

L'objet de la trempe en paquet est d'introduire du charbon dans des pièces en fer, afin d'en aciérer la surface, pour la durcir ensuite. Il n'est pas besoin alors de faire pénétrer le charbon jusqu'au centre de la pièce, comme cela se pratique dans la fabrication de l'acier de cémentation (n^o. 241).

L'opération consiste à mettre les pièces qu'on veut tremper, dans une caisse en tôle, avec du charbon en poudre ; la poudre porte le nom de *cément* ; et la caisse dans laquelle on opère se nomme *paquet*.

Les ouvriers n'emploient pas toujours le charbon seul pour servir de *cément* ; ils font des mélanges de suie et de substances animales, quelquefois ils ajoutent du verre pilé, des sels de différente nature, des plantes aromatiques, etc.

Les meilleurs céments sont ceux dans lesquels il n'entre que du charbon, ou des matières qui en contiennent beaucoup.

Travail. On remplit la caisse de cémentation, en stratifiant le charbon avec les pièces à cémenter, et on procède en tout de la même manière que si on voulait faire de l'acier de cémentation, à l'exception cependant qu'on ne chauffe pas aussi fortement, afin que le charbon ne pénètre les pièces qu'à une petite profondeur ; aussi, pour ce travail, peut-on faire usage de caisses en fer laminé.

La caisse est fermée d'un couvercle également en tôle; et toute la surface du paquet doit être recouverte d'argile gâchée, dans laquelle on a introduit du crotin de cheval pour lui donner du liant.

Lorsque les pièces sont suffisamment cimentées, ce que l'on juge, soit par le temps que le paquet reste exposé à l'action du feu, soit par la couleur qu'il prend, soit enfin en tirant *un témoin*, on enlève le paquet chaud, et on verse ce qu'il contient dans de l'eau froide.

Les pièces, refroidies promptement, acquièrent de la dureté dans la partie qui est entrée en combinaison avec le charbon, c'est-à-dire, à la surface seulement.

260. Les pièces en fer ne sont pas les seules que l'on trempe en paquet : on traite encore de la même manière certaines pièces faites tout en acier, principalement lorsqu'elles ont passé au feu, lorsqu'on veut leur faire acquérir une dureté plus grande, et enfin lorsqu'on veut les garantir des accidens auxquels elles sont exposées par l'action du calorique et de l'oxigène de l'air. Après cette cémentation les pièces en acier se gercent et se fendent beaucoup moins à la trempe (1).

(1) Sidérotechnie, tom. 4, pag. 8 et 149.

261. *Distinction.* Dans le commerce, comme dans les ateliers, les limes sont distinguées en trois espèces, relativement à leurs grains :

Première *rudes* ou *dures*, deuxième *bâtardes*, troisième *douces* ou *fines*.

Ces trois espèces se divisent en sous-espèces :

Première *semi-rudes*, deuxième *semi-douces*, troisième *superfines*.

Les limes des trois espèces et des trois sous-espèces se distinguent encore en cinq variétés dont les noms sont pris de leur formes : première *carrées*, *carreaux*, *carrelets* et *carrelettes* ; deuxième *plates* ; troisième *triangulaires* ou *tiers-points* ; quatrième *demi-rondes* ; cinquième *rondes* ou *queues de rat*.

La bonté des limes dépend de la nature de l'acier, de leur forme, de leur taille et de leur trempe.

Acier. Les meilleures limes sont faites avec les aciers les mieux raffinés, puisque ceux dont le travail a été mal exécuté ne prennent pas bien la trempe ; il faut encore employer à la fabrication de ces instrumens la sorte d'acier qui convient à l'espèce de lime.

Forme. La forme des limes varie selon l'usage auquel on les destine ; c'est d'une bonne forme que dépendent la perfection et la célérité du travail

(1) Tout ce qui sera dit sur les limes, est applicable aux râpes qui ne diffèrent des limes que par la forme des dents.

qu'on exécute avec ces instrumens. On ébauche la forme des limes en les forgeant en deux chaudes; et on la finit à la meule ou à la lime, puis on recuit ces instrumens ébauchés.

Taille. Après avoir donné à l'acier non-trempé, la forme de la lime, ainsi qu'un léger recuit, on pratique deux tailles sur la surface, à l'aide d'un ciseau et d'un marteau, ce qui établit deux systèmes de hachures parallèles et croisées sous un angle de 45° pour les limes *moyennes* ou *bâtardes*, et qui varie selon l'espèce. Dans l'opération de la taille, on incline le ciseau en avant sous un angle de 10° avec la perpendiculaire, excepté pour les limes *dures* qui, dans leur première taille, sont frappées perpendiculairement; cette faible inclinaison du ciseau suffit pour relever la matière et former des aspérités qu'on nomme *dents*.

Les râpes se taillent avec un ciseau portant des poinçons, dont l'action donne des trous triangulaires, et soulève des dents de forme pyramidale à base triangulaire.

La manière de tailler les limes est lente; pour la rendre plus expéditive, on a imaginé des machines à tailler, avec lesquelles on obtient des hachures régulières; mais ces moyens mécaniques ne peuvent convenir que pour une seule variété de limes (1).

(1) Encyclopédie (Arts et Métiers), tom. 8, pag. 50.
Machines à tailler les limes. Annales des Arts et Manufact., tom. 2, pag. 94, planch. 4^e; idem, tom. 16, pag. 154.
Bulletin de la Société d'encouragement, 13 année, pag. 51.

La taille des limes s'exécute par-tout à la main ; on dresse à ce genre de travail des femmes et des enfans ; et, lorsqu'ils sont bien exercés, la taille qu'ils exécutent semblerait avoir été donnée par le secours d'une machine parfaite.

262. Les limes étant destinées à opérer par frottement, à ronger, pour ainsi dire, doivent être pourvues d'une grande dureté qu'on leur communique par la trempe. La trempe s'opère par deux procédés différens : *à la volée* ou en *paquet*.

Trempe
des limes.

À la volée. La trempe à la volée est la plus simple : elle consiste à faire chauffer les limes au *rouge-cerise*, l'une après l'autre, et à les plonger de suite dans un milieu froid qui est ordinairement de l'eau sans mélange.

Si les limes doivent être chauffées nues, on les place dans une moufle, alors on évite seulement l'action directe du feu, et non celle de l'oxygène de l'air.

Si les limes sont enduites pour être chauffées, on les place dans un foyer de forge ordinaire, ou préférablement dans un petit fourneau à reverbère, chauffé au bois, comme cela se pratique aujourd'hui à Amboise (*Indre et Loire*). L'enduit préservateur dont on recouvre les limes est un ciment dont la composition varie beaucoup ; il doit avoir pour base du charbon ou des matières qui en contiennent ; on en forme une pâte résistante au feu, en y incorporant, soit de l'argile, de la lie de vin ou de bière, soit du sang de bœuf, etc.

Les limes, convenablement habillées, sont chauffées graduellement, pour sécher le ciment, puis on les porte au *rouge-cerise*; et dans cet état, elles sont plongées dans l'eau.

En paquet. Pour exécuter la trempe des limes *en paquet*, on a une caisse ou des creusets; on y range les limes avec de la poussière de charbon; on place ces vaisseaux remplis dans un fourneau approprié, où on chauffe les limes à la couleur désirée, puis on les sort pour les plonger dans l'eau.

Après la trempe, les limes sont nettoyées au sable fin, ou à l'eau acidulée; ce dernier moyen est préférable. Enfin on essuie les limes, et on les frotte d'huile avant de les répandre dans le commerce (1).

Cémentation
des scies des
grosses limes,
etc.

263. Dans les arsenaux comme dans les autres usines des deux armes, on fabrique par économie les limes dures dites *carrées ou carreaux*, *râpes à chaud*, les scies, etc., en employant le fer seul.

Après avoir donné aux instrumens la forme voulue, on les trempe en paquet (n°. 259): on trouvera les détails de l'opération dans l'ouvrage de *Manson* (2).

Cémentation
des outils dans
les parcs.

264. Il semble que dans les parcs, il ne soit pas nécessaire de pratiquer la trempe en paquet, puisqu'on n'entre pas en campagne, sans être pourvu de tous les outils nécessaires à la réparation du

(1) Encyclopédie (Arts et Métiers), tom. 8, pag. 48.

Annales des arts et manufactures, tom. 51, pag. 250.

(2) Traité du fer et de l'acier, pag. 250.

matériel; cependant il peut arriver qu'on ait besoin, soit de rendre de la dureté aux outils, soit d'en donner à des instrumens particuliers dont l'usage ne peut être prévu : nous proposerons, pour l'un et l'autre cas, le moyen suivant qui est d'une exécution simple.

Travail. On prend un morceau de toile d'étoupe, dont la longueur soit un peu plus grande que celle des pièces qu'on veut cémenter, et d'une largeur proportionnée à la grosseur du paquet que l'on veut faire.

On étend d'abord la toile sur le sol, puis on la recouvre de 0^m,027 (1 pouce) d'argile gâchée et bien tenace; sur cette couche de terre on apporte le ciment, on y pose ensuite les pièces à aciérer; enfin on roule le tout pour en former une botte. A mesure que le paquet grossit, on garnit la surface des pièces avec du ciment : car, sans cette précaution, elles seraient en contact avec la toile qui, par l'un de ses côtés, forme le centre, et par l'autre sert d'enveloppe.

Le rouleau étant terminé, on le lie avec du gros fil de fer, pour maintenir la toile, et on habille encore le tout avec de l'argile. C'est alors que le paquet est terminé; on le fait sécher graduellement, puis on le porte dans un foyer de forge, pour être chauffé comme le serait une caisse en tôle.

Si on n'avait pas de forge disponible, ou que les pièces à cémenter fussent plus grandes que les dimensions de la forge, on formerait un foyer en

plein air, avec du bois arrangé en bûcher; et, après avoir placé le paquet sur le sommet du tas de bois, on mettrait le feu à la base.

Ce mode de cémentation peut être utilement employé en campagne, et même encore dans les arsenaux, lorsqu'on a à tremper des pièces dont la longueur excède celle du paquet. Il y aurait de l'économie, dans les usines des deux armes, à renoncer à l'usage des paquets en tôle pour y substituer le mode proposé.

Moyen pour
distinguer le fer
de l'acier.

Les acides sulfurique et nitrique, lors même qu'ils sont étendus d'eau, ont une action marquée sur le fer et sur l'acier. Rimann est le premier qui ait observé que, sur le fer poli, la tache causée par l'action de l'acide, est blanche; et que sur l'acier, elle est plus ou moins noire, ce qu'il faut attribuer au charbon de l'acier mis à nu.

Guiton a proposé l'action de l'acide nitrique comme un moyen simple de distinguer le fer de l'acier, et ce mode d'épreuve est souvent en usage. Il est à faire observer que ceux des aciers qui sont uniquement le résultat d'un alliage ne noircissent pas par l'action des acides.

Analyse.

265. L'analyse de l'acier est d'une facile exécution lorsque le charbon seul est interposé entre les molécules du fer; tout le travail se réduit à dissoudre le métal pour isoler le charbon: le procédé généralement indiqué consiste à dissoudre le fer par l'acide sulfureux étendu, en opérant ainsi qu'il suit:

On convertit l'acier en limaille ou en poudre, on en pèse une certaine quantité, on fait agir l'acide à froid, on sépare le précipité du sulfite sulfuré, soit par décantation soit par filtration, on lave le résidu charbonneux, on le traite par une solution de deutocide de potassium pour en séparer le soufre provenant de la décomposition de l'acide, on filtre, on lave le charbon, on le fait sécher et on le pèse.

Le charbon se trouve rarement seul combiné au fer pour constituer ce métal à l'état d'acier; il est toujours accompagné de silicium, comme le prouvent plusieurs expériences: ainsi dans l'analyse des aciers, il faut rechercher la quantité de ce nouveau métal. Pour y parvenir nous proposons le mode analytique suivant: On remplacera l'acide sulfureux par l'acide nitro-hydro-chlorique formé dans les proportions d'une partie d'acide nitrique contre trois d'acide hydro-chlorique, étendues de quatre parties d'eau. Après avoir pulvérisé ou limé l'acier, on en pesera une certaine quantité que l'on placera dans un matras ou dans une fiole, on y versera du mélange d'acide étendu, on abandonnera le vase à la température ordinaire, jusqu'à ce que tout le fer soit dissous, puis on affaiblira par une nouvelle quantité d'eau, afin de pouvoir séparer le dépôt par le filtre; la matière isolée sera traitée à chaud par l'acide hydro-chlorique pur; le dépôt lavé convenablement sera un mélange de charbon et d'oxide de silicium; on le pesera, puis on le soumettra à l'action de l'a-

cide nitrique concentré et bouillant jusqu'à ce que le charbon disparaisse, enfin la silice inattaquée sera séparée, lavée et pesée.

Les aciers peuvent encore contenir une partie des substances qui étaient renfermées dans les minerais ou dans les fontes; pour en obtenir la séparation on analysera ces aciers par des moyens semblables à ceux qui sont indiqués ailleurs (n^o. 116) (1).

(1) Traité de chimie de M. Thenard, 4^e. volume.

CHAPITRE CINQUIÈME.



ART DU FORGERON.



SEIZIÈME LEÇON.

Distinction des ouvriers en fers : *Forgeurs.* — *Cloutiers.* — *Serruriers.* — *Taillandiers.* — *Construction et nomenclature des forges permanentes.* — *Soufflet.* — *Sa conservation.* — *Instrumens pour travailler le fer à chaud et à froid.* — *Réception des enclumes.* — *Combustible.* — *Choix et réception de la houille.* — *Sa conservation.*

Travail du fer à la forge et sur l'enclume : *Mode de gouverner le feu.* — *Mâche-fer et fraisil.* — *Emploi du sable.* — *Couleurs du fer dans les chaudes.* — *Etirage et soudure du fer.* — *Règles communes à ces deux opérations.* — *Ecrouissement et recuit du fer.*

TRAVAIL DU FER DANS LES ARSENAUX DES DEUX
ARMES.

266. Le fer qui est destiné aux constructions, reçoit, dans les arsenaux des deux armes, les différentes formes qu'il doit avoir ; ce travail est exécuté par des ouvriers que l'on distingue en *forgeurs*, *cloutiers*, *serruriers* et *taillandiers*. Distinction des ouvriers en fers.

Forgeurs. On comprend sous le nom de forgeurs tous les ouvriers qui travaillent à chaud les pièces en fer du matériel. Les ouvriers qui se font remarquer par leur savoir sont chargés de la direction des forges sous la surveillance des sergens ; ces attributions les font aussi appeler *chefs de forge*.

Les forgeurs moins instruits travaillent sous les yeux des chefs de forge, ils doivent leur obéir et écouter attentivement les leçons pratiques.

Cloutiers. Les cloutiers sont des forgerons, qui fabriquent non-seulement les clous, mais ils font aussi les pièces de forge qui y sont analogues, tels que les petits boulons, les vis, etc.

Serruriers. Les serruriers travaillent le fer à froid ; mais, comme ils sont souvent obligés de courber et de souder des pièces, ils doivent savoir forger ; ils sont même préférables, pour le travail sur l'enclume, aux ouvriers qui ne sont que forgeurs, parce qu'étant habitués à confectionner les ouvrages qui demandent de la précision, ils finissent toujours mieux les pièces qu'ils forgent.

Taillandiers. On donne le nom de taillandiers à des forgeurs occupés principalement à la fabrication et à la réparation des outils des ouvriers en bois.

Construction
et nomenclature
des forges.

267. Les forges employées par l'artillerie et par le génie sont de deux sortes :

1°. Les forges ambulantes, dont on fait usage aux armées, et qui pour cette raison, sont nommées *forges de campagne* ;

2°. Celles qui sont montées dans les arsenaux, et qui, à cause de leur immobilité, sont appelées *forges permanentes*. Il ne sera question que de celles-ci.

Les forges permanentes sont adossées aux murs des ateliers, elles se composent d'un massif en maçonnerie, dont la hauteur est de 0^m,8 à 0^m,9 (2 pieds 5 p^o. à 2 pieds 9 p^o.) En élevant le massif on construit une voûte sur laquelle on place la *pierre à eau*. La surface intérieure de la forge ou *l'âtre* est une plate-forme dont les parties latérales portent des petits murs qui servent à soutenir la *hotte*, le devant de la forge reste ouvert pour la facilité du travail.

La tuyère qui est en fer forgé, est logée dans l'épaisseur des murs latéraux; la surface intérieure de ceux-ci prend le nom *de face de tuyère*; cette face étant exposée à l'action du calorique se dégrade promptement, et pour la réparer sans compromettre la solidité de la construction supérieure, on forme un *encadrement de tuyère* avec une bande de fer, dont les extrémités sont repliées à angles droits.

On place ordinairement deux foyers sous la même hotte, par cette disposition on gagne une cheminée; chaque foyer est pourvu d'un soufflet, l'un à droite, l'autre à gauche; ces forges sont dites *à deux feux* ou *doubles*.

Les dimensions des forges simples et doubles sont les suivantes :

Dimensions de l'âtre pour les forges à.....	1 feu.	{	Largeur..... ^{m.} 1,298 ou 4 pieds.
			Profondeur. 0,298 ou 4 pieds.
	2 feux.	{	Largeur..... 2,786 ou 8 pieds 7 p ^o .
			Profondeur. 1,623 ou 5 pieds.

Lorsqu'on fabrique des pièces qui ne vont qu'une seule fois au feu, comme de petits boulons, des vis ou des clous, une forge simple dont l'âtre est circulaire suffit pour occuper quatre ou six ouvriers qui doivent être distribués sur son pourtour; ces forges portent le nom de *forges de cloutiers*.

Soufflet.

268. La carcasse, ou charpente du soufflet, ancien modèle, est en bois; elle se compose de trois planches et de trois châssis. La planche du milieu est immobile, on l'appelle *diaphragme*; les deux autres planches sont mobiles, nous les distinguerons en *plan supérieur* et en *plan inférieur*.

Sur le devant du diaphragme, on fixe une partie en bois d'orme qu'on nomme *muffle*; le muffle porte un canal en fer forgé et de forme conique qui prend le nom de *buse*.

Le diaphragme et le plan inférieur sont percés chacun de deux ouvertures rectangulaires, qui sont fermées en dedans par des soupapes de bois, garnies en dessous d'une peau de chat, de lièvre ou de mouton.

Le diaphragme et les deux autres plans sont en bois de peuplier, les trois châssis sont en bois d'orme; ils sont composés chacun de trois pièces assemblées à tenons, chevillées et collées.

Les parois du soufflet sont en cuir; on choisit celui de vache, parce qu'il réunit, à l'épaisseur qui en fait la solidité, la flexibilité nécessaire; il faut deux morceaux réunis par une couture qu'on met sur le derrière du soufflet dans le sens de la hauteur. La surface épilée, que le corroyeur nomme *la fleur*, se place en dehors, la peau se cloue sur les bords du diaphragme, sur ceux des deux plans et sur les châssis; les clous sont plantés à 0^m,027 (1 pouce) de distance sur les planches, et à 0^m,162 (6 pouces) l'un de l'autre sur les châssis; on garnit le muflle d'un morceau de cuir, tant pour sa conservation, que pour empêcher la dégradation des bords du cuir des parois; on réunit les deux épaisseurs, en plaçant une lanière et une rosette, aussi en cuir, sous la tête du clou. Le soufflet est porté par une bande à tourillons, fixée sous le diaphragme, et les tourillons entrent dans deux montans latéraux.

Le plan inférieur est pourvu, au côté opposé à la buse, d'une écharpe à crochet; celui-ci reçoit la tringle d'un levier, et porte en même temps le poids qui sert à faire descendre ce plan inférieur.

Le soufflet est mis en jeu par un levier en bois qu'on nomme *la branloire*. Un étrier passe dans l'épaisseur du bois, vers le tiers de sa longueur; il s'engage dans le crochet d'une verge de fer fixée au

plancher. La branloire est garnie à ses extrémités avec des lamettes en fer liées à la tringle du soufflet et au *tiran de branloire*. La buse entre dans le pavillon de tuyère, pour 0^m,081 (3 pouces) de longueur, afin de bien verser son vent dans le foyer.

Conservation du soufflet. Le cuir de la machine soufflante peut s'altérer et se couper, lorsqu'elle est en repos; c'est pourquoi on tend le soufflet, c'est-à-dire, qu'on développe le cuir pour détruire tous les plis, ce qui devient facile au moyen d'un crochet qui tient à la verge de fer fixée au plancher.

Le cuir, ainsi exposé à l'air, perd de sa souplesse; pour la lui rendre, on démonte le soufflet chaque année; on le brosse d'abord pour enlever la poussière qui le couvre, puis on l'expose au soleil, et on le frotte avec un linge imprégné d'huile de poisson qui a la propriété d'assouplir le cuir; quelquefois on ajoute du beurre à cette huile.

On conserve en magasin plusieurs soufflets destinés à remplacer ceux qui viendraient à crever, on les suspend à une poutre par leur plan supérieur, de manière que ce plan soit horizontal; le plan inférieur, par son poids, tend le cuir qui devient exempt de plis; enfin on le graisse dans cette position (1).

(1) M. Borgnis, composition des Machines, p. 388, pl. 29. Sidérotechnie, tom. 2, pag. 108, planch. 27.

Soufflet de forge de campagne, table de Gribeauval, tom. 2, pag. 192, planch. 20^r.

DÉSIGNATION DES INSTRUMENS.

269. Les instrumens ou outils destinés à travailler le fer, sont singulièrement variés; nous les distinguerons

1°. En outils de forge servant au foyer;

2°. En outils de forge, employés pour donner au métal, sur l'enclume, les formes qu'on désire obtenir;

3°. Enfin, en outils destinés à travailler le fer à froid.

270. Les outils servant au foyer sont :

Outils nécessaires au foyer.

La pelle à charbon.

La pellette.

L'écouvette.

Les tisonniers { droits
et courbes.

Les tenailles.

271. La pelle à charbon est une pelle ronde-ordinaire, employée à porter la houille sur le foyer.

272. La pellette est une petite pelle semblable à celle des foyers domestiques; elle est destinée à relever ou à écarter le foyer.

273. L'écouvette est une sorte de balai pour arroser le foyer et pour rapprocher en même temps le charbon.

274. Le tisonnier droit est une tige de fer qui sert à dégorgier la tuyère. Le tisonnier courbe diffère

du premier en ce que son extrémité est recourbée ; il est employé pour retirer les crasses.

275. *Tenailles.* Les tenailles sont de grandes pinces destinées à retourner les pièces courtes dans le foyer ; leur forme et leur grandeur varient ; on y remarque les *branches* et les *mors* séparés par un clou rivé ; les mors sont droits ou courbés ; il faut douze paires de tenailles à une forge, nous nous dispenserons d'en faire la description, qui deviendrait fastidieuse et même inutile.

Outils nécessaires pour travailler le fer à chaud.

276. Les outils pour travailler le fer à chaud sont :

L'enclume.	Les poinçons et les mandrins.
La bigorne.	Les ciseaux à chaud.
Les marteaux.	Les râpes à chaud.
Les chasses.	Les tranches et les tranchets.
Les clouières.	Les étampes.

277. *Enclume.* L'enclume est une masse de fer plus ou moins forte ; sa surface est recouverte de 0^m,027 (1 pouce) d'acier environ ; elle sert à recevoir le fer chaud, pour lui faire prendre, par la percussion, la forme qu'on désire. La surface de l'enclume porte le nom de *table*, les deux extrémités se nomment *bigornes* ; l'une est destinée à forger les pièces courbes, les anneaux, et à arrondir les ouvrages creux ; celle-ci ressemble à un cône placé horizontalement, par sa base, au corps de l'enclume ; on la nomme *bigorne ronde*, à cause de sa forme. La bigorne qui lui est opposée sert à donner aux pièces les formes anguleuses ; elle ressemble à un

conoïde qui serait coupé par un plan passant par son axé ; cette bigorne est également fixée au corps de l'enclume par sa plus forte épaisseur, la partie coupée est en dessus ; on la nomme *bigorne carrée*.

On se sert aussi, dans les arsenaux, d'autres enclumes qui n'ont pas cette dernière bigorne.

Dans toutes les enclumes la table porte un trou destiné à laisser passer les extrémités des poinçons et des mandrins ; il sert encore à loger la base ou queue des tranchets.

L'enclume est fixée, par son pied, dans un billot de chêne ; celui-ci doit reposer sur un sol bien résistant, parce qu'alors la force du coup se développe instantanément sur le corps frappé.

La table de l'enclume doit être à la hauteur de la ceinture du forger, c'est-à-dire à 0^m,8, hauteur moyenne ; elle doit être éloignée de la forge, afin de ne pas gêner le service du foyer, et que le chef de forge ne soit pas incommodé par la chaleur.

Tous les instrumens du forger peuvent se fabriquer dans les arsenaux, même les enclumes (1) ; mais on préfère acheter celles-ci dans le commerce : alors il faut, en les recevant, s'assurer de leur bonté.

278. *Réception des enclumes.* La table, qui est la partie principale de l'enclume, est la seule qui exige un examen sévère ; elle doit avoir une sur-

(1) Description des Arts et Métiers par MM. de l'académie des sciences, tom. 6, pag. 1^{re}.

face plane, bien nette, presque polie et sans criques ni pailles ; sa dureté doit être telle qu'une lime ne puisse y mordre ; le meilleur moyen de juger de la bonté de l'enclume, est de la frapper avec un marteau à tête bien trempée ; il faut que celui-ci se brise ou se refoule plutôt que d'attaquer la table.

Les forgerons civils n'achètent ordinairement leurs enclumes qu'avec garantie : l'expérience leur a fait voir que la meilleure caution était celle de faire usage de l'enclume pendant une année, et de n'en délivrer le prix qu'après qu'elle a résisté à un travail forcé pendant ce temps ; cette sage précaution devrait aussi être employée dans les arsenaux.

279. *Bigorne.* On fait encore usage d'une sorte d'enclume qu'on nomme *bigorne*, parce qu'elle porte deux bigornes plus petites que celles de l'enclume ; elle en diffère encore par son poids et par une queue destinée à la fixer solidement dans le bloc. C'est cette bigorne qui sert d'enclume aux forges de campagne, à cause de sa légèreté ; son poids est de 40 à 50 kil. (100 liv. environ).

280. *Marteaux.* Les marteaux qu'emploient les forgerons, sont des instrumens qui servent à frapper ou à battre le fer ; les têtes et les panes de ces marteaux sont revêtues d'une couche d'acier trempé qui s'oppose à leur écouissage.

Les manches de tous les marteaux sont aplatis pour les empêcher de tourner dans les mains.

La forme de la panne et le poids des marteaux varient suivant les différens usages auxquels on les destine.

Les instrumens servant à frapper le fer à chaud sur l'enclume, doivent être au nombre de cinq pour chaque feu ; on les distingue en

	NOMBRE.	POIDS.
		liv.
Marteaux	à main.....	2 1,96 ou 4 livres.
	rivoir de forge.....	1 0,49 ou 1
	à devant.....	2 2,45 ou 5

Le forger est toujours armé de son marteau à main, soit qu'il travaille seul, soit qu'il se fasse aider par un ou par plusieurs frappeurs.

Le rivoir de forge est un marteau plus petit que le premier ; il est employé pour bigorner, ou pour forger de petites pièces.

Les marteaux à devant sont ainsi nommés parce que le frappeur qui en fait usage, se place ordinairement devant le forger : mais lorsque le chef de forge veut faire marteler le fer par un second ou par un troisième frappeur, ceux-ci ne peuvent plus se placer devant lui, mais bien sur les côtés. On comprend que, pour faire exécuter le même travail par plusieurs ouvriers qui frappent de la panne, celle-ci doit être placée, pour les ouvriers latéraux, sur une ligne qui, étant prolongée, serait parallèle au manche.

281. *Chasses.* Les chasses sont des outils qui ressemblent aux marteaux, mais que l'on n'emploie jamais pour frapper : elles sont destinées à relever le fer à chaud, avec le secours de marteaux ; il y a des chasses carrées, à biseau, rondes et courbes. La partie qui touche le fer est en acier, et la tête qui reçoit la percussion des marteaux est en fer.

282. *Clouières.* Les têtes des clous, des vis et des boulons se fabriquent dans des instrumens qu'on nomme *clouières* ; leur forme et leur grandeur varient beaucoup.

283. *Poinçons et mandrins.* Les poinçons sont des outils en fer destinés à percer le métal à chaud ; il y a de ces instrumens qui sont coniques, cylindriques ou carrés, selon la forme des trous que l'on veut pratiquer. Les ouvertures qu'on obtient avec ces outils, sont ensuite perfectionnées par d'autres instrumens qu'on nomme *mandrins*.

On donne aussi le nom de mandrins à des cônes en fer de grandes dimensions ; dont on se sert pour arrondir les pièces de forge, et particulièrement les *lunettes*, les *rondelles*, les *contre-lunettes* et les *boîtes de roues en fer*, de toutes les grandeurs ; ces mandrins sont placés d'une manière solide, dans le milieu de l'atelier, sur des billots qui leur servent de supports.

284. *Tranches.* Les tranches sont des sortes de ciseaux ; elles en diffèrent en ce qu'elles sont moins longues, et qu'elles sont traversées par un œil pour y loger un manche en bois ; le côté opposé à la

tranche porte une tête en fer pour recevoir la percussion des marteaux ; ces outils sont destinés à couper le métal chaud.

Tranchets. Les tranchets sont de petites tranches à queue qu'on place sur l'enclume pour couper le fer de petites dimensions.

285. *Étampes.* Les étampes sont des instrumens en acier, ou seulement acérés ; ils servent à obtenir des reliefs ou des creux, leur forme varie selon celle que l'on veut donner au fer ou aux autres métaux.

286. Les outils pour travailler le fer à froid sont : Outils pour travailler le fer à froid.

Les étaux.	Les poinçons.
Les limes.	Les filières.
Les marteaux dits rivoirs.	Les tarauds.
Les ciseaux et les burins.	Les forets.

287. *Étaux.* Les étaux sont composés de deux montans que l'on écarte ou que l'on rapproche par une forte vis ; ils servent à fixer les pièces que l'on veut travailler.

Les montans portent le nom de *jumelles* ; elles sont fixées par le bas, et rendues mobiles par une charnière ; les parties supérieures des jumelles sont acérées, on les nomme *mâchoires* ; l'une des jumelles est fixe, l'autre peut s'approcher ou s'éloigner, à l'aide d'une vis dont la tête est traversée par un levier, et pour favoriser l'écartement, on place un ressort en acier entre les deux jumelles.

288. *Limes et râpes.* Les limes sont des instrumens d'acier trempé ; elles servent à travailler

soit le fer sorti de la forge, soit les autres métaux. Les limes, destinées à attaquer ou à ronger les corps moins durs que les métaux, tels que le bois, la corne, etc. sont appelées *râpes*. Une lime ou une râpe se compose du corps et de la soie. On fixe ces instrumens dans un manche en bois par leur soie, après avoir fait recuire cette partie pour lui donner de la tenacité.

La fabrication des limes et des râpes ayant déjà été expliquée (n°. 261), il ne sera question ici que de leur réception.

289. *Réception.* De tous les instrumens à travailler les métaux, les limes dont la fabrication est encore peu éclairée et le choix difficile, sont ceux desquels on exige le plus de perfection. Il n'en est pas de même des râpes, elles sont toujours d'une bonté suffisante pour le service qu'on en exige.

Les qualités d'une bonne lime peuvent se réduire à quatre conditions principales : 1°. la forme ; 2°. la taille ; 3°. la dureté ; 4°. la qualité de l'acier.

Forme. Les limes ne doivent pas être faussées ou voilées, défaut donné par la trempe, lorsqu'elles ont été mal forgées, ou brûlées au recuit. La variété de limes dites plates doit avoir sa surface légèrement convexe.

Taille. La taille doit être telle que les sommets des dents ne soient pas rangés sur des lignes parallèles à l'axe de l'instrument, mais bien se croisant, d'une hachure à l'autre, et placés sur des

diagonales, formant avec l'axe un angle de 15° à 20°.

Dureté. La dureté dans les limes est recherchée; on juge de cette qualité, lorsque l'instrument ne blanchit pas à l'usage. La dureté doit être à son maximum dans les limes *fines* ; mais les limes *rudes* , pourvues de la même durété, perdraient bientôt leurs longues dents, sans un léger recuit à l'huile, que l'ouvrier intelligent sait donner au besoin. Ainsi les limes qui s'égrainent à l'essai, peuvent être reçues et distribuées aux bons ouvriers.

Qualité de l'acier. Pour s'assurer que les limes sont faites d'acier pur et bien raffiné, on prend une lime au hasard dans celles qu'on propose; on la casse d'abord pour examiner si la matière est bien homogène, puis on en forge un morceau auquel on fait subir l'étirage, le corroyage et la trempe.

Ces opérations répétées par comparaison, indiquent si les limes usées sont susceptibles d'être retaillées plusieurs fois, et si enfin, leur acier pourra servir à faire une foule de petits outils dont on a besoin dans les boutiques des arsenaux ou des manufactures.

Les limes faites d'acier de cémentation, ne jouissent pas comme les autres de cette importante propriété, de passer plusieurs fois au feu, et de reprendre leur dureté primitive par un refroidissement subit.

290. Les limes reçues doivent être enveloppées *Conservation.*

dans du papier plutôt que dans de la paille. Le papier doit être gris, point ou peu collé, huilé et séché au four ou à l'étuve : on fait des paquets avec les limes d'une même sorte, et ces paquets sont placés dans des cases établies en un endroit sec.

291. *Marteaux.* Les marteaux des serruriers dans les arsenaux sont au nombre de deux : ils portent les noms de gros et de petits *rivoirs* ; le plus fort pèse 0^k,48 à 0^k,55 et le plus petit est du poids de 0^k,36 à 0^k,42. Leur forme est la même que celle des rivoirs de forge, seulement les arêtes et les angles y sont plus prononcés.

292. *Ciseaux et burins.* Les ciseaux et les burins sont des outils acérés destinés à enlever à froid les parties excédentes laissées sur les pièces de forge, pour faciliter l'ajustage de ces pièces.

293. *Poinçons.* Les poinçons à froid sont des instrumens prismatiques en acier, dont la base est trempée ; on ne les emploie que pour percer la tôle, ou les pièces de peu d'épaisseur, comme les bandeaux d'applicage.

294. *Filières.* Les filières sont des instrumens d'acier, ou de fer trempé en paquet ; elles sont destinées à former les pas de vis ; il y en a de simples et de doubles.

295. *Tarauds.* Les tarauds sont des outils d'acier employés à faire des filets de vis dans les écroux en fer, et en général dans les métaux qui doi-

vent recevoir des vis ; ainsi les tarauds font les pas des écroux, et les filières font ceux des vis qui entrent dans les écroux.

296. *Forets.* Les forets sont des pointes d'acier taillées à pans, pour entamer le fer plus facilement et y percer des trous ; ils agissent différemment des poinçons : ceux-ci font leur trou en comprimant la matière, les autres se forment un passage en l'enlevant.

297. Les forgerons emploient le charbon de terre (houille, charbon minéral), parce qu'il dégage plus de calorique que le charbon végétal ; cependant, lorsqu'en campagne on manque de houille, on peut la remplacer par du charbon de bois ; si on n'a pas de ce dernier, on le fabrique soi-même (1) ; pour mettre à profit tout le calorique qui s'en dégage, on garnit et on couvre le foyer avec une bouillie composée de menu charbon et d'argile délayée dans de l'eau : par cette précaution on perd moins de combustible.

Réception de la houille. Toutes les houilles ne conviennent pas à la forge. Celles qui sont sulfurées doivent être rejetées ; il est facile de les reconnaître, par la présence des schistes dans lesquels sont engagés les sulfures de fer : ce sont ces pierres que les ouvriers nomment *charmine*.

La houille destinée au travail du fer est connue sous le nom de *houille à maréchal* ; elle est grasse,

(1) Voyez notre leçon sur l'art du charbonnier.

collante, et se soutient en voûte dans le foyer ; quelquefois les sulfures que ces houilles contiennent sont disséminés de manière à ne pas être aperçus ; mais on reconnaît facilement leur présence en les faisant brûler en petite quantité sur des charbons ardents : durant la combustion, elles répandent une fumée blanchâtre, ayant une odeur d'acide sulfureux. On doit choisir celles qui n'en dégagent point, ou qui en développent le moins à l'essai (n°. 32).

Conservation de la houille. La houille nouvellement extraite du sein de la terre doit être exposée en plein air pendant quelque temps, parce qu'étant mouillée par les pluies, les pyrites (*fer sulfuré*) qu'elle contient se décomposent par ce double contact, et passent, soit à l'état de sulfites, soit à celui de sulfates solubles qui sont entraînés par les eaux pluviales.

L'approvisionnement pour les besoins d'un arsenal doit se faire pour quatre à cinq mois seulement ; car, par une plus longue exposition à l'air, la houille se convertit en une sorte d'humus, et perd sa propriété combustible. C'est cet état que les ouvriers expriment en disant que la houille est *éventée*.

Si on est forcé de s'approvisionner pour un temps plus long, comme dans un cas de siège, on logera la houille dans un lieu couvert (1).

(1) Mémoires sur la fabrication des Armes portatives (M. Gotty), pag. 16.

298. Le forger place son fer de manière que le vent lancé par la tuyère passe dessous la barre : si le vent portait directement sur la pièce à chauffer, le côté de la barre qui regarde le contre-vent chaufferait trop ; il passerait au blanc , tandis que celui qui ferait face à la tuyère serait seulement rouge.

Mode de gouverner le feu.

Le pourtour du foyer doit être arrosé à l'instant que le fer commence à chauffer, afin de concentrer le calorique sur la pièce que l'on soumet à son action. En même temps qu'on arrose , on relève le charbon vers le centre ; cette opération se nomme *rassembler le feu*. On jette encore de l'eau sur la surface de la houille en ignition pour en augmenter la combustion.

On voit que l'arrosage a pour but :

1°. De concentrer le calorique ;

2°. D'activer la combustion de la houille.

C'est encore pour remplir ce même but que le chef de forge doit conduire son feu de manière que le charbon fasse , au-dessus du fer, une voûte qui retienne une grande quantité de calorique rayonnant.

La houille qui a perdu sa matière combustible est en masse ou à l'état de poussière : dans le premier cas, on la nomme *mâche-fer*, elle contient beaucoup d'oxide de fer, et lorsque cette substance est divisée, on l'appelle *fraisil*, et par corruption, *frésil*, *frasier*. Le mâche-fer et le fraisil portent aussi le nom de *crasse de forge*.

Mâche-fer et fraisil.

299. On s'oppose à la combustion du fer, en

Emploi du sable,

projetant sur la surface du foyer, un mélange composé d'oxides de silicium, de calcium et d'aluminium.

Ce composé ternaire se trouve tout formé dans les sables terreux; il entre en fusion à la température de la forge; étant fondu, il coule sur le métal, et y produit deux effets :

1°. Il dissout l'oxide de fer qui couvrait la pièce; le composé quaternaire qui en résulte étant plus fusible que le précédent, se répand plus aisément sur toute la surface du métal;

2°. La pièce, ainsi recouverte, est garantie de l'oxidation et de la combustion, par l'enduit vitreux qui devient un obstacle à l'action de l'air.

La matière vitreuse qui découle du fer fortement chauffé, s'unit avec le résidu de la houille brûlée, et vient augmenter la dureté du mâche-fer.

Couleurs
du fer dans les
chaudes.

300. Le fer que l'on veut traiter au marteau, demande d'être dilaté par le calorique, afin d'acquiescer de la souplesse. La température qu'on lui communique doit être relative au travail qu'on veut lui faire subir : de là résultent différens degrés que le forgeron distingue par la couleur que prend le fer lorsqu'il est plus ou moins chauffé.

Examinons ces couleurs dans un fer que l'on chauffe graduellement.

Si on place une barre dans un feu de forge, la couleur grise du métal froid passe d'abord à un rouge faible; puis cette couleur, augmentant avec la température, devient d'un rouge plus vif, qui

donne le *rouge-cerise* ; vient après le *rouge-blanc* ; enfin si on continue à chauffer, le fer blanchit et passe au *blanc-soudant*.

La couleur n'est pas le seul indice de l'état du fer dans le foyer ; lorsque le fer est exposé à une forte température, il se détache de sa surface des portions de métal qui entrent en combustion ; et comme elles sont entraînées par le courant du soufflet, on les voit brûler à l'extérieur du foyer, en belles aigrettes d'un blanc vif, semblables aux étoiles qu'on remarque dans la combustion du fer par le gaz oxygène, ou dans les artifices.

Aussitôt que les premières étincelles paraissent, on est assuré que le métal est au rouge-blanc ; et, pour peu que le fer reste dans le foyer, il ne tarde pas à passer au blanc-soudant.

Il y a donc quatre degrés de température, dans lesquels le fer se trouve sous quatre états différents, et que l'on distingue par les noms qui suivent :

- 1°. Rouge-faible ;
- 2°. Rouge-cerise ;
- 3°. Rouge-blanc ou chaude grasse ;
- 4°. Blanc-soudant.

On fait arriver le fer à l'une ou à l'autre de ces couleurs selon,

- 1°. La grosseur de la pièce à forger ;
- 2°. Le but qu'on se propose ;
- 3°. La nature du fer.

L'opération d'amener le métal à l'un de ces degrés se nomme *donner une chaude* ; ainsi on donne

des chaudes *rouge-faible*, *rouge-cerise*, etc.; ce que l'on rend encore en disant *chauffer au rouge-faible*, au *rouge-blanc*, etc.

Le premier degré de feu, ou rouge-faible, n'est appliqué qu'aux pièces finies, pour dilater le fer qui a reçu la percussion des marteaux, afin de rendre aux molécules du métal leur état primitif; c'est l'opération que les forgers nomment *recuire le fer*. Le deuxième degré, ou rouge-cerise, est donné aux fers, lorsqu'on veut réparer les défauts qui se trouvent dans les pièces de forge.

Le troisième degré, ou rouge-blanc, que les ouvriers nomment aussi *chaude grasse*, convient aux fers déjà bien soudés que l'on veut étirer.

Le quatrième degré est employé pour les fers de toutes dimensions que l'on veut souder : les ouvriers donnent le nom de *chaude-suante* à ce degré de chaleur du fer, parce qu'effectivement le métal semble couler, comme s'il était voisin de la fusion.

Toutes les opérations que l'on fait subir au fer chaud, par la percussion, peuvent se réduire à deux travaux différens : l'*étirage* et la *soudure*.

Etirage.

301. Étirer le fer, c'est forcer, par la percussion des marteaux, les molécules du métal à fluer les uns sur les autres, dans le sens que l'on désire ; cette opération est de la plus haute importance, pour certains ouvrages, puisqu'elle donne du nerf, et assure la ténacité du métal.

Le chef de forge parvient à un étirage exact en observant deux conditions :

1°. En donnant à la pièce une chaude égale, relative à son volume et à la qualité du fer ;

2°. En frappant avec la panne de son marteau, de manière à chasser uniformément la matière devant lui, en éloignant le marteau de son corps à l'instant de la chute. Ce mouvement nécessaire est insensible pour l'observateur.

302. Souder le fer, c'est rapprocher deux surfaces du métal, pour n'en former qu'un seul morceau : ainsi les molécules de l'un doivent pénétrer les molécules de l'autre.

Soudure.

Nous ne parlerons ici que de la soudure par percussion, et non de celle par intermède, que l'on distingue plus particulièrement sous le nom de *brasure* (1).

Pour opérer une soudure parfaite, il y a deux conditions essentielles à remplir :

1°. Il faut que les morceaux que l'on veut réunir soient également dilatés par le calorique, et dans le même état de mollesse ;

2°. Il faut que les surfaces ne soient point oxydées, ni recouvertes de scories.

Si les morceaux sont de grosseur inégale, il est indispensable, pour remplir la première condition, de chauffer plus fortement le morceau le plus fort, comme mettant plus de temps à s'échauffer.

Les ouvriers distinguent trois sortes de soudures, dont les noms sont pris de la disposition des parties qu'on rapproche :

(1) Deuxième partie du cours des alliages métalliques.

1°. Si la réunion s'opère par superposition , l'opération se nomme *souder à chaude portée* ;

2°. Si l'une des extrémités est échanerée , pour recevoir l'autre , cette soudure se nomme *en gueule de loup* ;

3°. Lorsqu'on veut rapprocher deux morceaux de fer carrés de fortes dimensions , on les soude , en présentant leurs extrémités dans l'état convenable de chaleur et on refoule par les extrémités opposées qui sont froides. Cette manière de rapprocher se nomme *bout à bout* ; elle ne présente pas autant de solidité que les deux autres.

La soudure bout à bout n'est pratiquée que sur de gros échantillons , et lorsqu'on n'a qu'un seul feu , comme cela se rencontre en campagne.

Règles. Les opérations de l'étirage et de la soudure sont soumises à des règles communes : le chef de forge doit prendre des précautions pour sortir son fer du foyer ; il doit éviter de le laisser traîner sur le fraisil : car cette poussière s'attache aisément au métal encore mou , et malgré tous ses soins , le fer en retient toujours. On force ces matières étrangères à sortir des surfaces en frappant l'enclume , avec les pièces à forger , immédiatement à leur sortie du foyer : et s'il en reste encore , on les enlève en grattant les surfaces avec la panne du marteau.

La présence des matières étrangères sur les surfaces qu'on étire , occasionne des dépressions , et dépare l'ouvrage ; dans la soudure , ces matières s'opposent de plus à la réunion des surfaces et donnent naissance aux doublures (214).

Le travail sur l'enclume exige aussi des soins, et demande d'être exécuté avec ordre.

Lorsque le chef de forge voit que la pièce est arrivée à la couleur convenable, il annonce à ses frappeurs que le travail va commencer; ceux-ci lèvent leurs marteaux, le fer est placé, par le forger, sur l'enclume et reçoit de suite un coup de marteau de chaque frappeur; le chef de forge ne frappe qu'après eux. La percussion commence à petits coups, parce que les molécules de la surface, toujours plus ramolies, demandent à être ménagées; mais les coups doivent être accélérés, afin de ne pas perdre de temps. Lorsque la matière est un peu rassermie, par suite du refroidissement, le forger avertit les frappeurs qu'il faut augmenter la force de percussion, ce qu'on ne peut obtenir qu'en diminuant la vitesse des coups; cette pratique a pour objet d'atteindre les molécules du centre de la barre.

Le chef de forge est donc celui qui règle la percussion; avec son marteau il montre la place à frapper en y dirigeant le coup de son instrument, et les frappeurs doivent en suivre exactement tous les mouvemens.

Il indique à ses aides que le travail pour cette première chaude est terminé, en cessant de marteler le fer, et en frappant immédiatement l'enclume d'un seul coup de marteau, dont le bruit sert de signal; alors la percussion est terminée.

Après cette chaude, le fer est porté au feu pour être préparé à une nouvelle, le temps compris entre

chacune d'elles sert de repos au forger et aux frappeurs, l'un de ces derniers met en jeu le soufflet, et pour la chaude suivante il est remplacé par un autre frappeur.

Pendant le travail sur l'enclume, le forger mouille son marteau de temps à autre, en le plongeant dans un seau d'eau pour l'empêcher seulement de se détremper; mais sur la fin du travail, il le plonge de nouveau pour mouiller la pièce, et la parer par ce moyen; c'est-à-dire pour en détacher l'oxide qui la recouvre.

Ecroutissement. 303. Le fer est susceptible, comme plusieurs autres métaux, de changer de propriétés par la compression; si on le forge à froid pendant quelque temps ou qu'on l'étire à la filière, il dégage du calorique, augmente de pesanteur spécifique, devient rigide et susceptible de prendre un beau poli: c'est pour obtenir ces deux dernières propriétés que les ouvriers frappent à froid les métaux auxquels ils veulent donner de la roideur ou du brillant.

Le fer ainsi traité casse à froid, et montre du grain comme du mauvais fer; c'est dans cet état que le métal est dit *écroui*.

Théorie de l'écrouissement. Toutes les propriétés nouvelles du métal écroui sont dues au rapprochement des molécules; le dégagement du calorique seul semblerait ne pas en dépendre: en effet, si l'on écrouit du plomb, sa pesanteur spécifique n'augmente pas sensiblement; ce qui a fait dire, à quelques physiciens, que le dégagement du calorique ne provenait que du déplacement successif

des molécules, déplacement qui a lieu pendant le martelage ; cette théorie pourrait être fondée , puisque les métaux qui s'échauffent le plus , sont ceux qui sont le plus ductiles.

304. Le fer écroui a perdu ses propriétés les plus précieuses ; mais il est facile de les lui rendre ; il suffit de le chauffer pour en dilater les molécules : c'est cette opération qu'on nomme *recuire*.

Recuit.

Le recuit n'est pas seulement nécessaire aux ouvrages qui ont été martelés à froid , on le donne encore aux pièces en fer qui ont subi l'étirage et la soudure.

En général , toutes les pièces en fer qui ont besoin d'une grande ténacité , doivent être recuites après le travail de forge , comme les *boulons* , les *sous-bandes* , les *chevilles ouvrières* , etc. La chaude qui est la plus convenable au recuit est le rouge-cerise.

DIX-SEPTIÈME LEÇON.

Des outils à pionniers : *Leur désignation. — Leur nomenclature. — Matières employées à leur fabrication. — Fabrication du pic-hoyau. — Du pic-à-roc. — De la pelle ronde. — De la pelle carrée. — De la hache et de la serpe. — Réception des outils. — Leur emmanchement. — Leur conservation. — Projet de fabrication.*

DES OUTILS A PIONNIERS.

Désignation. 305. Les pionniers étaient des travailleurs qui, autrefois organisés en compagnie, ouvraient et réparaient les chemins, pour favoriser le passage de l'artillerie en campagne; ils creusaient aussi les fossés, abattaient les arbres, etc. Aujourd'hui, les pionniers étant supprimés, l'artillerie et le génie emploient, pour leurs travaux, les outils dont les premiers se servaient, et on a conservé à ces instrumens le nom d'*outils à pionniers*.

Les outils ont singulièrement varié par leur nombre et par leur forme; maintenant ils sont réduits à six, leur poids et leurs dimensions sont déterminés par des réglemens, ce qui assure leur uniformité. En voici les noms :

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| 1°. La pioche ou pic-hoyau. | 4°. La pelle ronde. |
| 2°. Le pic-à-roc. | 5°. La hache. |
| 3°. La pelle carrée. | 6°. La serpe. |

306. *Pioche.* Dans la pioche, on distingue la pointe ou le *pic* et la tranche ou *hoyau* ; les noms de ces deux extrémités l'ont fait généralement appeler *pic-hoyau*. Les autres parties sont l'*œil* que traverse le manche, le *collet* et les *épaulemens*.

Pic-à-roc. Dans le pic-à-roc on remarque les mêmes parties ; seulement la tranche est remplacée par une tête semblable à celle d'un marteau.

Pelle carrée. La pelle carrée se compose d'une partie inférieure qui est tranchante, du corps, d'une partie supérieure où sont les *épaulemens*, et d'une *douille* placée au milieu pour recevoir le manche.

Pelle ronde. La nomenclature de la pelle ronde est la même que celle de la pelle carrée, à la réserve que la partie inférieure est arrondie, que son corps est légèrement concave, et que la douille est à jour.

Hache. On distingue dans la hache le *tranchant*, le *corps*, la *tête* et l'*œil* destiné à loger l'extrémité du manche.

Serpe. La serpe comprend le *tranchant*, le *plat*, le *dos*, la *pointe*, la *soie* et les *épaulemens*.

307. Parmi les outils, il en est qui sont fabriqués uniquement avec du fer, d'autres sont faits avec du fer et de l'acier.

Matières employées pour la fabrication.

On ne doit employer que le fer nerveux et soudant bien ; l'acier qu'on doit préférer est le naturel, puisque c'est, des trois espèces, celui qui se forge et se soude le plus aisément avec le fer et avec lui-même.

Fabrication. 308. Les outils à pionniers sont confectionnés dans les arsenaux, ou bien à l'entreprise : on trouve de l'économie à les faire fabriquer, soit au Klingenthal (*Bas-Rhin*), soit à St.-Etienne (*Loire*), soit enfin à Charleville (*Ardennes*).

Les outils doivent réunir la solidité et la légèreté ; ces deux propriétés principales dépendent de leur forme, de la qualité des matières et des moyens de fabrication.

Le travail de chaque instrument exige une méthode particulière, susceptible de modifications, dont les détails nous conduiraient trop loin ; nous donnerons seulement des idées générales sur les opérations suivies à l'arsenal du génie établi à Metz.

309. *Pic-hoyau.* Pour fabriquer un pic-hoyau, on prend un morceau de fer C de 0^m,041 d'équarrissage ; on le coupe en morceaux de 0^m,207 de longueur ; on porte ces morceaux au feu, pour les chauffer à blanc ; le premier arrivé à cette couleur est placé sur l'enclume pour être aplati dans le milieu ; on lui donne une deuxième chauffe pour l'entamer avec l'instrument qu'on appelle *langue de carpe* ; on forme l'ouverture avec un mandrin. A la troisième chauffe, on étire la pointe ; par une quatrième, on développe le collet, à l'aide d'une chasse ; on perfectionne l'œil, à la cinquième, en y faisant entrer le mandrin ovale ; une sixième chauffe est donnée pour terminer le collet.

Le hoyau se façonne à la septième chauffe ; on y soude l'acier en deux autres chaudes ; le côté opposé étant ébauché, on lui donne une chauffe pour

l'ouvrir et pour y placer l'acier en *gueule de loup*. La soudure de l'acier s'opère en deux chaudes; on chauffe une treizième fois, pour donner à l'outil la courbure qu'il doit avoir; on se règle pour cela sur un calibre.

Après le travail de forge, le pic-hoyau est livré au limeur et au trempieur; les deux extrémités sont encore chauffées, pour être trempées; ce qui fait qu'on donne quinze chaudes pour faire l'outil.

310. *Pic-à-roc*. La fabrication du pic-à-roc est la même que celle du pic-hoyau: elle n'en diffère qu'en ce que la tête du pic se forme comme celle d'un marteau ordinaire.

311. *Pelle ronde*. Le fer destiné aux pelles rondes doit être pur; il doit gagner de l'élasticité par l'écroutissement (n°. 303).

On prend du fer A, dont les dimensions sont: largeur 0^m,081, épaisseur 0^m,015; on le divise en morceaux de 0^m,22 de longueur.

A la première chaude, on ébauche les épaulements, on donne une deuxième chaude, pour élargir l'extrémité destinée à former la douille; à la troisième chaude, on étire une pointe à la base de la pelle; on en donne une quatrième pour étendre le fer dans le milieu (cette opération s'exécute au martinet). On achève le travail à une cinquième chaude; et pour l'accélérer, on superpose deux pelles ébauchées à l'action du martinet. Le travail du martinet étant terminé, on découpe la pelle sur un calibre.

Une sixième chaude est nécessaire pour rouler la douille, et on soude à la septième.

Trois chaudes sont encore données à la pelle, pour lui faire prendre sa véritable forme ; en sorte que cet instrument reçoit dix chaudes dans sa fabrication.

312. *Pelle carrée.* Pour obtenir une pelle carrée on prend du fer A, dont la largeur est de 0^m,85, et l'épaisseur de 0^m,010; on le coupe à la longueur de 0^m,215; deux de ces morceaux sont nécessaires pour faire une pelle.

Une première chaude est donnée à chaque morceau, pour ébaucher les épaulements; ils reçoivent encore chacun une deuxième chaude pour élargir la pièce, et en même temps creuser un peu l'intérieur; à une troisième chaude on ébauche la douille, en lui donnant une forme cylindrique.

A la quatrième chaude, on superpose les deux pièces, en plaçant entre elles une mise d'acier dont la soudure commence à cette chaude, et s'achève par une cinquième. La sixième et la septième chaudes servent à rapprocher le reste. La douille se soude à la huitième chaude et à la neuvième.

On platine la pelle, et on rectifie la douille à l'aide d'un mandrin, par trois chaudes.

L'instrument ébauché en reçoit encore quatre autres: les trois premières pour lui donner sa véritable forme, et la quatrième pour le disposer à la trempe.

Une pelle carrée peut passer au moins vingt fois au feu avant d'être finie.

313. *Hache.* Pour fabriquer les haches, on prend du fer A, qui porte 0^m,065 de largeur et 0^m,015 d'épaisseur; on le divise en morceaux de 0^m,32 de longueur.

A la première chaude, on développe l'œil par le secours de la chasse ronde; à la deuxième on étire les parties de l'œil qui se trouvent à chaque face de la hache lorsqu'elle est pliée; on fait courber la pièce à la troisième chaude, pour rapprocher les deux extrémités; on y introduit une mise d'acier dont on opère la soudure par la quatrième chaude et par la cinquième; l'extrémité destinée à former le tranchant s'amincit à la sixième, à la septième on soude le fer près de l'œil et on isole un peu de métal en cette partie pour former l'épaulement.

Enfin, on donne encore à la hache trois ou quatre chaudes, pour lui faire prendre la forme qu'elle doit avoir; ce nombre de chaudes varie selon l'habileté de l'ouvrier. Après le travail de forge, on trempe la hache, puis on aiguisé le tranchant sur la meule.

Dans la fabrication d'une hache, le fer passe onze ou douze fois au feu.

314. *Serpe.* Pour fabriquer les serpes, on prend du fer A, dont la longueur est de 0^m,040 sur 0^m,014 d'épaisseur, on divise les barres en morceaux de 0^m,22.

A la première chaude, on fend la barre pour y loger une mise d'acier.

La soudure de l'acier au fer s'opère par la deuxième et par la troisième chaudes; en même temps on ébauche la pointe cintrée de l'instrument, ainsi que les épaulements.

La soie s'étire à la quatrième chaude, et le corps de la serpe s'élargit à la cinquième.

La pièce de forge reçoit encore trois ou quatre chaudes pour être terminée; puis on la trempe et enfin on la passe à la meule, pour blanchir toute sa surface.

Réception.

315. Les outils à pionniers doivent remplir deux conditions pour être reçus.

1°. Avoir les dimensions et le poids voulus.

2°. Résister à des épreuves particulières.

Les dimensions se vérifient par des patrons ou gabaris en fer laminé; ensuite on pèse les outils pour s'assurer s'ils ont le poids demandé.

On examine s'ils ne portent pas de crevasses qui pénètrent d'outre en outre, défauts que les ouvriers ont intérêt à masquer : les outils qui ont ces défauts sont rebutés, ainsi que ceux qui ne sont pas conformes aux modèles.

Ces vérifications sont communes à tous les outils.

Pic-hoyaux et pic-à-roc. La pioche et le pic-à-roc sont d'abord emmanchés, puis on les frappe, huit à dix coups, avec la tête du manche, sur une pierre dure.

On reconnaît si les outils sont suffisamment ha-

billés, soit par l'action d'un petit burin trempé sec, soit par l'action des acides (1).

Pelle ronde. La bonté des pelles rondes se vérifie par leur élasticité, dont on s'assure en les courbant à l'aide d'un manche postiche.

Pelle carrée. Les pelles carrées sont emmanchées pour la réception; on les enfonce verticalement dans un sol ferme, puis on imprime au manche trois ou quatre mouvemens oscillatoires.

Hache et serpe. Les outils tranchans sont essayés sur des bois durs, en frappant avec le tranchant perpendiculairement aux fibres.

Après ces épreuves, on examine attentivement les outils; c'est principalement aux collets et près des douilles que se manifestent les crevasses. Le tranchant des instrumens peut rester faussé, ou bien il peut se casser; dans le premier cas, le tranchant est fait en fer, ou l'acier n'est pas trempé; et, dans le deuxième, l'acier a été trempé trop sec. Tous ces défauts font rebuter les outils (2).

La manière d'éprouver les outils à pionniers est fort arbitraire; il serait à désirer qu'on adoptât la chute d'un mouton, dont le poids ou la hauteur serait relative au genre d'outils que l'on recevrait.

316. Les pics-hoyaux, les pics-à-roc et les haches reçoivent des manches faits de bois d'érable, de cornouillier ou de charme, que leur dureté et leur élasticité rendent très-convenables.

Emmanchement
des outils.

(1) Moyen de distinguer le fer de l'acier, p. 266 de ce cahier.

(2) Aide-mémoire, 5^e édition, pag. 273 et suivantes.

Les pelles rondes doivent être emmanchées de bois légers tels que ceux de peuplier, de tremble, de saule, etc.

Conservation
des outils.

Les pelles carrées ont besoin de manches solides; c'est pourquoi on donne la préférence au chêne.

317. Le fer et l'acier, dont sont formés les outils à pionniers, sont susceptibles de s'oxyder dans les magasins; on est donc forcé de les couvrir d'un enduit conservateur.

Dans les arsenaux de l'artillerie, les haches et les serpes sont trempées dans un lait de chaux, et les pelles sont enduites de poix noire ou *passées à la corne*.

L'emploi de la chaux est mal raisonné; on en a la preuve par la couleur de l'oxide de fer hydraté qu'on remarque sur les outils couverts de cette substance.

A l'arsenal du génie établi à Metz, l'expérience a fait voir qu'un vernis noir à l'essence, est préférable à l'emploi de la chaux et même de la poix.

Composition
du vernis.

318. Composition du vernis à l'arsenal du génie :

Colophane	2 parties.
Essence.	5 id.

Préparation. Le mélange se fait sur le feu; sa préparation exige beaucoup de précautions, pour s'opposer à l'inflammation; aussi préfère-t-on se procurer le vernis tout fait, par la voie du commerce; puis on y incorpore à froid du noir de fumée pour le colorer.

(305)

Prix. Pour vernir 100 pelles il faut :

^{kil.} 0,25	De vernis noir à 1 ^{fr.} 60 le kil.	0,400
0,05	De noir de fumée à 0 ^{fr.} 90 le kil.	0,045
^{journ.} 0,25	De peintre à vernir les 100 pelles, à 2 ^{fr.} 00	0,500
TOTAL pour les 100 pelles. . . .		<u>0,945</u>

La quantité de vernis appliquée sur chaque outil étant en raison des surfaces, les outils, autres que les pelles rondes et carrées, reviennent à un prix moindre.

Les instrumens tranchans employés par les deux armes, peuvent très-bien être fabriqués avec de la fonte, par le procédé de M. Lucas, procédé très-simple, que l'on pratique en Angleterre, pour se procurer les outils de taillanderie. Après avoir coulé, en fonte carburée, les instrumens qu'on veut obtenir, on les traite à un feu très-élevé, avec du tritoxide de fer, soit natif, soit artificiel, qui, en désoxidant, décarbonise la fonte et la rapproche de l'état de fer forgé.

Si l'instrument a besoin d'une grande dureté, on la communique par un refroidissement subit.

Ce procédé, qui se réduit à un moulage et à une décarbonisation, donne aux outils en fonte les qualités de l'acier fondu. L'emploi de ce moyen serait peut-être avantageux dans les arsenaux et dans les manufactures (1).

(1) Essai chimique sur les arts et les manufactures de la Grande-Bretagne. — Par Samuel Parkes et Martin.

Les haches, les serpes et tous les instrumens tranchans pourraient encore être fabriqués par un autre procédé : après avoir confectionné en fer forgé les outils qu'on voudrait obtenir, on les tremperait ensuite en paquet (258). Le tranchant des instrumens étant plus mince, passerait entièrement à l'état d'acier, tandis qu'il resterait suffisamment de fer non-aciéré dans le corps de l'outil, pour lui conserver toute la ténacité dont il a besoin.

CHAPITRE SIXIÈME.



TRAVAUX DANS LES MANUFACTURES D'ARMES.

DIX-HUITIÈME LEÇON.

Description succincte des premières armes à feu :

Choix et réception du fer, de l'acier et du cuivre dans les manufactures d'armes. — Choix du bois pour la monture. — Préparation et réception de ce bois.

Fabrication du fusil : *Division du fer en bidons.*

— Corroyage du fer. — Formation des maquettes. — Leurs dimensions. — Leur conversion en lames. — Dimensions de celles-ci. — Roulage des lames. — Leur soudure à la Forézienne et à la Liégeoise. — Visite des canons de forge.

Du forage : *Description de la machine à forer.*

— Travail du foreur.

319. Quoique la découverte de la poudre fût faite vers l'an 1256 (1), les premières armes à feu ne parurent en France, selon les uns, qu'en 1330, et selon les autres, qu'en 1400.

Des premières
armes à feu.

Elles prirent d'abord le nom de *bombardes*, à cause du bruit qui étonna beaucoup lorsqu'on fit usage de ces armes pour la première fois (2).

(1) Essai de chimie, par Watson, tom. 1, pag. 327.

(2) *Bimber*, bruit.

Couleuvrines. Les bombardes furent ensuite nommées *couleuvrines* et *serpentes*, parce qu'on leur donnait des formes qui imitaient des couleuvres ou des serpents.

Ces armes étaient loin d'avoir la légèreté du fusil actuel : elles pesaient de 10 à 25^l, et leur poids forçait de les manœuvrer sur de petits affûts ou chevalets ; mais, sous Louis XI, les couleuvrines, devenues plus légères, se manœuvraient aisément ; cette facilité de s'en servir les fit nommer *canons à main*.

Arquebuses. Les changemens successifs apportés dans la forme des armes à feu, en rendirent peu à peu le service plus commode ; en 1521 on monta les canons à main sur un croc fixé sur chevalet ; et c'est alors qu'ils prirent le nom d'*arquebuses à croc* (1), que l'on faisait partir en leur présentant un *boute-feu*, comme aux bombardes.

Mousquets. Peu de temps après, on diminua le poids des canons à main, et on remplaça le chevalet par un fût garni d'une crosse ; alors les arquebuses furent aussi appelées *mousquets* (2).

Arquebuses à rouet. La difficulté de faire partir l'arme, en présentant une mèche allumée, fit imaginer le rouet, sorte de platine qu'on appliquait au pan de lumière (3) ; ce qui fit donner à l'arme le nom d'*arquebuse à rouet*.

(1) De l'italien *arco*, arc et de *busio*, trou.

(2) De *Muscheta*, espèce d'arbalète.

(3) Chasse au fusil : (M. de Marolle).

Mémoire sur la fabrication des armes portatives de guerre, pag. 164, (M. Cotty) ; et Dictionnaire de l'artillerie, par le même.

Mousquets à mèche ou à serpent. Le rouet offrant un mécanisme compliqué, on revint à l'usage de la mèche ; mais, pour en rendre l'emploi facile, on logeait la mèche entre les machoires d'une sorte de chien nommé *serpent*, à cause de sa forme ; on faisait partir l'arme en abaissant le porte-mèche sur l'amorce, ce qu'on obtenait au moyen d'une bascule intérieure que l'on mettait en jeu par une détente.

Ces armes prirent alors les noms d'*arquebuses à mèche* ou *à serpent*.

Poitrinals. Les arquebuses et les mousquets furent tellement allégés, que la cavalerie en fit aisément usage ; et comme ils portaient une crosse fortement courbée pour appuyer l'arme sur la poitrine, ces armes à feu furent nommées *poitrinals*.

Pistoies ou pistolets. La longueur des poitrinals fut diminuée vers 1548, et ils devinrent les plus petites armes à feu en usage ; on leur donna le nom de *pistoies*, ensuite celui de *pistolets*, parce que les premiers avaient été fabriqués à *Pistoie*, en Toscane.

Fusils. Les arquebuses et les mousquets furent employés jusqu'en 1660, époque à laquelle on arma du fusil (1) les grenadiers ainsi que les soldats affectés à la garde et à la défense de l'artillerie, qui n'était point encore organisée militairement ; mais le fusil ne fut donné généralement aux troupes françaises qu'en 1703.

(1) Ainsi nommé de l'italien *fucile* ou *fucile*, du nom de la pierre dont le chien est armé.

Distinction des modèles. Depuis 1746 jusqu'en 1822, il a paru un grand nombre de modèles d'armes à feu que l'on distingue par les années dans lesquelles ils ont été adoptés. La description de ces modèles ainsi que les corrections qu'on y a apportées sont consignées dans plusieurs ouvrages (1).

Choix et réception du fer.

320. Le fer employé dans les manufactures d'armes de guerre est celui que l'on connaît sous le nom de *fer fort* ; il doit réunir une grande ténacité à la propriété de bien se souder, et de supporter le taraudage.

Les qualités du fer pouvant varier, par des causes nombreuses, dans le travail des grosses forges, les réglemens prescrivent aux officiers un examen sévère du métal, avant de l'introduire dans la fabrication ; et c'est principalement lorsqu'on veut faire usage du produit d'une forge qui n'a pas encore livré aux manufactures, qu'il faut multiplier les essais.

Pour juger des qualités du fer on fait préparer 40 canons, par chaque quantité de 12 à 1500 canons qu'on doit fabriquer.

On examine d'abord si le métal se travaille facilement à la forge : les canons étant terminés, on en casse plusieurs pour en voir la cassure ; si elle présente

(1) Mémoire sur la fabrication des armes portatives, pag. 131, par M. Gotty, ou Instruction sur les armes à feu, pag. 8, par le même.

Aide-mémoire, 5^e. édition, pag. 561.

Dictionnaire de l'artillerie, à l'article *modèles d'armes à feu portatives*.

du nerf, le fer est reçu; et il est rebuté, s'il montre du grain ou les divers caractères des mauvais fers.

Les canons non cassés sont finis, pour s'assurer si le fer se taraude aisément; et, pour savoir si ces canons résistent à l'effort de la poudre, on leur fait subir les épreuves dont il sera parlé plus tard. Tel est le mode d'essai suivi à Saint-Étienne.

Les différentes pièces en fer de la platine qui doivent être cimentées, sont fabriquées avec du fer de première qualité.

Pour s'assurer de sa bonté, on en fait confectonner diverses pièces de platine, qu'on trempe en paquet (n°. 269); après cette opération, on les casse, et on juge par le grain si le métal convient à cette fabrication.

321. L'acier naturel (n°. 239) est le seul employé dans les manufactures d'armes.

Réception
de l'acier.

Pour juger de la bonté de cet acier, on en fait fabriquer différentes pièces; et lorsqu'elles sont entièrement finies, on les examine attentivement, pour voir si l'acier n'a point de défauts; puis on les brise pour s'assurer, par la cassure, de la qualité de la matière. Le bon acier a le grain fin, uniforme, d'une couleur plus grise que celle du fer.

Lorsque le fer et l'acier présentés par l'entrepreneur, ont satisfait aux conditions exigées, le contrôleur les marque de son poinçon, et ils sont placés dans les magasins (1).

(1) Règlement du 22 brumaire an 9, concernant les manufactures d'armes à feu, titre 1^{er}.

Composition
et réception du
cuivre.

322. Le cuivre dont on fait usage est un alliage qui porte le nom de laiton, ou cuivre jaune.

Autrefois ce métal s'achetait dans le commerce, ou il se préparait à la manufacture, d'une manière arbitraire. Afin de mettre de la ressemblance dans les couleurs et encore plus dans la qualité de l'alliage, le ministre a décidé en 1817, que ce cuivre se composerait de

Cuivre rouge	80
Zinc	17
Etain	3

Le mélange des métaux, à l'état de pureté, s'opère dans l'atelier du fondeur de la manufacture, en présence d'un officier et d'un contrôleur qui font peser les matières, et qui ne quittent la fonderie qu'après que l'alliage est formé.

S'il existait de l'incertitude sur la composition de l'alliage, on procéderait à son analyse (1).

Choix du bois. 323. Tous les fusils fabriqués dans les manufactures françaises sont montés sur bois de noyer; on le préfère aux autres espèces, parce qu'il est plus facile à travailler et qu'il se tourmente peu par les changemens d'état de l'atmosphère.

Les autrichiens et les turcs remplacent le noyer par le hêtre, les russes font usage du bouleau et du sapin rouge; le seul avantage de ces différentes espèces de bois est la légèreté.

(1) Mode analytique, 3^e. partie du cahier classique.

Rapport du comité central à S. E. le Ministre de la guerre, sur les alliages de cuivre les plus convenables aux armes portatives (bibliothèque de l'école de Metz, 13^e. carton, n^o. 9).

Des expériences faites à la Rochelle, prouvent que le hêtre est moins avantageux que le noyer, en ce qu'il est plus sujet aux éclats et qu'il résiste moins aux efforts de la torsion.

Préparation. Le bois de noyer est envoyé en grume dans les manufactures; mais dans celle de St.-Etienne, les bois sont reçus des villages voisins où on les travaille.

Les dimensions des grumes sont 2^m. de longueur sur 1^m,20 de diamètre environ, ce qui forme quatre solives d'ancienne mesure ou 0^m,41 cubes.

Ces billes sont divisées en madriers; chacune d'elles peut en fournir six de 0^m,06 d'épaisseur.

Les madriers sont portés aux magasins, où ils sont rangés en piles de 1200 à 1300, dont les couches se croisent; dans cet état les madriers se sèchent lentement sans se voiler.

Chaque pile est étiquetée

- 1°. D'un numéro,
- 2°. De la date de la coupe,
- 3°. De l'entrée en magasin,
- 4°. Du nombre de madriers.

Après un certain temps, on débite en bois de fusil, autant de madriers qu'il est nécessaire pour le nombre d'ouvriers qu'on a à sa disposition.

La division s'opère par un tracé; si le madrier est sain, il doit fournir trente bois de fusil. Ces bois sont portés dans un autre magasin, pour y subir une dessication parfaite, et on ne les emploie qu'après trois ans, à dater de la coupe.

Réception. Les bois de fusil doivent être gris ou demi-gris; ceux qui sont blancs provenant presque toujours de l'aubier, doivent être rebutés, ainsi que ceux qui ont des taches d'un jaune passé et des piqûres de vers ou autres défauts qui annoncent leur décomposition. On doit rebuter également ceux qui ont des nœuds et ceux qui ne sont pas suffisamment de fil dans toute leur longueur.

FABRICATION DU FUSIL.

324. Nous prendrons pour exemple le travail du fusil d'infanterie, modèle de 1816; nous devons annoncer que les opérations qui vont suivre n'appartiennent qu'aux manufactures royales et qu'elles ne seront expliquées que d'une manière succincte : car si l'on décrirait ici tous les travaux que demande la fabrication des armes à la forge, à la forerie, à la meule, à la lime, etc., on serait obligé d'entrer dans des détails qui, malgré leur utilité, deviendraient longs et fastidieux dans un mémorial tel que celui-ci.

Bidons.

325. Pour faciliter le travail, on divise les barres d'échantillon en morceaux égaux, dont la longueur est relative au canon que l'on veut fabriquer; cette division s'opère à l'aide d'un mouton qu'on nomme *casse-ser* dont le poids est de 318^k,18 (650^{liv.}). Les barres qui résultent de cette opération sont appelées *bidons*.

326. Pour être assuré que le fer employé à la fabrication des armes de guerre est bien travaillé,

les réglemens prescrivent un corroyage à l'usine même; mais il est à remarquer que par cette opération la ténacité n'augmente pas dans tous les fers, et que ceux de première qualité ne peuvent que perdre sous ce rapport; aussi l'opération du corroyage n'est-elle pas suivie dans toutes les manufactures; celles qui sont alimentées par les fers des départemens du Doubs, du Puy-de-Dôme et de la Dordogne ne pratiquent pas le corroyage, tandis que cette opération est exécutée dans les manufactures qui font usage des fers des autres départemens.

Dimensions des Bidons :

Par corroyage.			Sans corroyage.		
Long.	m.	p. lig.	m.	p. lig.	
	0,3045	(11 3).	0,4080	(15 6).	
Larg.	0,0676	(2 6).	0,0837	(3 6).	
Epais.	m.	m. lig.	m.	m. lig.	
	0,0316 à 0,0338	(14 à 15)	0,0158 à 0,0180	(7 à 8).	
Poids	k.	liv. onc.	k.	liv. onc.	
	5,5069	(11 4.).	5,4457	(11 2.).	

327. Si l'on procède par corroyage, on superpose deux bidons qui prennent alors le nom de paquet: on porte le paquet au feu de forge; arrivé au blanc soudant, on réunit les deux surfaces par la percussion d'un martinet, et en même temps on élargit le paquet. Maquettes.

Le forgeron appelé *maqueteur*, exécute son opération en quatre chaudes; la pièce de forge finie représente deux maquettes opposées par leur base.

		m.	p. lig.	
Dimensions des maquettes doubles.	Longueur	1,1956	(44 2)	
	Largeur {	au milieu	0,1015	(3 9)
		aux extrémités . . .	0,0676	(2 6)
	Epaisseur {	au milieu	0,0135	(n 6)
		aux extrémités . . .	0,0090	(n 4)
	Poids	k.	liv.	9,7900 (20 n)
Perte dans le travail			1,2237 (2 8)	

Les maquettes doubles sont ensuite divisées comme les bidons, pour en obtenir des maquettes simples.

Si la fabrication s'opère sans corroyage, le maqueteur amène, par une seule chaude, le bidon à la forme de maquette simple, dont le poids est de 4^k,8338 (9^{liv.} 14^{onc.}).

La conversion des bidons en maquettes simples pourrait s'obtenir par le laminage; il y aurait célérité dans le travail, et par suite économie, puisque l'élévation du prix du fer est toujours en raison de la durée de l'opération qu'il a subie. Des expériences commencées aux forges de Grossouvre (*Nièvre*), prouvent qu'un laminoir peut fournir 500 maquettes simples en douze heures; mais l'étirage aux cylindres ne donnant pas à tous les fers l'état désiré pour en fabriquer des canons, on ne devra employer les lames, ainsi obtenues, qu'après que l'expérience aura assuré de leur bonté.

Lames.

328. Les maquettes sont converties en lames à canon, en deux chaudes : la première se donne à

la base jusque vers le milieu ; on étire au martinet, et, en même temps, on forme un biseau sur les côtés.

Dimensions des lames.	Longueur	m.	p.	
		0,9745	(36 "	)
	Largeur {	derrière	0,1353	(5 "
		devant	0,0879	(3 3)
	Epaisseur au milieu {	derrière	0,0110	(" 5)
		devant	0,0067	(" 3)
	Poids	k.	liv.	
		4,650	(9 8)	
	Perte dans le travail	0,1223	(" 4)	

Les lames finies sont visitées et poinçonnées par un contrôleur.

329. Le canon est un tube conique extérieurement, et cylindrique dans son intérieur ; on distingue trois parties dans sa longueur : *le tonnerre*, *le milieu* et *le devant*.

Canons.

Pour obtenir le tube, on roule la lame ; la partie la plus large est destinée à donner le tonnerre ; la partie opposée forme le devant.

L'ouvrier forger, qu'on appelle *canonnier*, est aidé d'un frappeur ; les instrumens sont :

1°. Une forge ordinaire, disposée comme celle d'un maréchal, et pourvue des mêmes outils ;

2°. Une enclume en fonte rectangulaire, dont la moitié de la table a une surface plane ; l'autre, du côté de la forge, porte quatre cannelures de forme semi-conique, et de grandeur relative aux différens diamètres que prend le canon ;

3°. Une bigorne est fixée au corps de l'enclume ; le bloc porte encore une fourche employée à plier la lame et à redresser les broches ;

4°. Enfin trois broches de diverses longueurs et deux marteaux.

La lame est ployée et roulée en trois chaudes :

La première au milieu, la deuxième au tonnerre, et la troisième au devant.

Mode
de soudure.

330. La soudure peut s'opérer de deux manières différentes :

1°. Bords contre-bords, ou par rapprochement ;

2°. Par superposition ou recouvrement.

Ces deux méthodes portaient autrefois les noms des pays où elles ont pris naissance : la première était appelée *forézienne*, la deuxième *liégeoise*.

Par le premier moyen, la soudure rend les canons sujets aux événements ; tandis que, par l'autre, les canons ne sont exposés qu'à avoir de petites doublures, défaut qui est toujours moins dangereux que les événements.

Les fers impurs se soudant mieux, la méthode par rapprochement est alors préférable, tandis que pour les fers purs, le recouvrement devient nécessaire. Les avantages que présente la deuxième méthode l'ont fait adopter dans toutes les manufactures.

Par le procédé généralement suivi, les grands côtés de la lame, qui ont été chanfreinés, sont rapprochés par superposition ; la lèvre supérieure recouvrant, de droite à gauche, pour la longueur du tonnerre et du milieu, et en sens contraire

pour le devant : par cette disposition, la lèvre supérieure se trouve toujours au vent du soufflet.

Le canon étant roulé, on le soude par percussion; le canonnier chauffe au blanc la place à souder, porte le canon sur une cannelure; le compagnon introduit une broche, pour servir de point d'appui, et ces deux ouvriers frappent de leurs marteaux à coups redoublés; on donne trois chaudes, sur une étendue d'environ 0^m,054 (2 pouces); la soudure commence sur le *pli*, et se continue vers le tonnerre. On bouche cette partie avec de l'argile, avant de chauffer; puis on estoque, on soude et enfin on termine sur la bigorne. Le milieu et le tonnerre étant soudés, on répète la même opération sur le devant; enfin on *repasse le canon*, c'est-à-dire, qu'on le chauffe une quatrième fois presque blanc, de 0^m,054 en 0^m,054 (2 pouces en 2 pouces), et qu'on le bat sans broche en commençant par le tonnerre.

Le nombre de chaudes, pour opérer la soudure complète, ne peut être limité. Un canonnier et son aide peuvent livrer 3 à 4 canons par journée de douze heures.

Poids du canon de forge. . . ^{k.} 3,424 (7 ^{liv. anc.} 2).

Perte dans le travail . . . 1,267 (2 8),

331. Les canons de forge, ou *canons noirs*, ^{Visite des canons de forge.} doivent avoir une longueur qui varie seulement entre 43 et 44 pouces; une longueur moindre ou plus forte serait nuisible. On s'assure si le métal est convenablement réparti, en présentant une *pro-*

portion de forge. Enfin on cherche les défauts connus sous les noms de *travers*, *d'évents*, de *chambres*, de *doublures*, de *pailles* et de *mal-égal*.

Forage
des canons.

332. Les canons de forge sont envoyés à la forerie pour recevoir le diamètre intérieur exigé par le règlement.

Une forerie, pour les canons de fusil, se compose d'un certain nombre de petites lanternes, dans l'axe desquelles sont placés les forets.

Le mouvement est donné par une roue hydraulique, dont l'arbre porte un grand rouet vertical, qui engrène dans une lanterne placée sur un second arbre perpendiculaire au premier; sur ce deuxième arbre sont des rouets dont le nombre est égal à celui des petites lanternes qu'on veut mettre en jeu. Vis-à-vis chaque lanterne, est placé un banc de forerie, sur lequel glisse un chariot, qu'à Charleville et à Maubeuge on nomme *sépé*.

Les instrumens et les objets nécessaires à cette usine, sont des forets, des mèches ou mouches, des crosses, des coins de fer, des marteaux, des fraises, de l'huile, un auget rempli d'eau, des ételles, des baguettes à repousser, des grattoirs; des cylindres calibrans, enfin une forge complète, pour la réparation des outils.

Travail. Le forage s'opère par l'introduction successive de 22 forets, en commençant par le plus faible, qui a 0^m,011 (5 lig.), et en finissant par le plus fort qui a 0^m,016 (7 lig. 5 points).

Le foret est placé dans l'axe de la lanterne qui lui communique son mouvement, et le caon est

fixé sur le chariot ou *sépe* qu'on fait mouvoir à l'aide d'une crosse. Durant le travail, l'ouvrier a soin de huiler le foret, de rafraîchir l'extérieur du canon, et de faire tomber la limaille de l'intérieur. Après ce forage, le diamètre intérieur du canon est de 0^m,017 (7 lig. 6 points), ce dont le contrôleur s'assure par un calibre.

La forerie est dirigée par un maître d'usine, qui est chargé de l'entretien des outils et de gouverner les foreurs, qui sont ordinairement des enfans ou des femmes.

On peut forer 5 à 6 canons par jour, au même banc.

On recuit au rouge les canons qui ont été forés, pour rendre la douceur au métal, et le préparer aux opérations qu'il doit subir.

Recuit
des canons.

DIX-NEUVIÈME LEÇON.

*Dressage des canons au cordeau et à vue. — Com-
passage, émoulage, garnissage et taraudage des
canons — Perçage de la lumière. — Placement du
tenon. — Visite des canons par les contrôleurs.
— Épreuves et adoucissage. — Salle d'humidité.*

*De la platine : Sa fabrication par les moyens or-
dinaïres et par les moyens accélérés.*

Dressage.

333. Après le forage des canons, l'intérieur se trouve formé d'une suite de petits cylindres qui n'ont pas tous la même direction; c'est dans l'opération du dressage que l'ame prend la forme d'un cylindre parfait.

Le dresseur visite d'abord les canons sortis de la forerie pour s'assurer qu'ils ne portent pas extérieurement ni intérieurement des défauts que l'action des forêts ait fait découvrir, tels que des criques, des pailles et des événements; les canons qui ont ces défauts ne sont point dressés.

Le dressage peut s'opérer de deux manières :
1°. au cordeau; 2°. à la vue.

Dressage au cordeau. L'instrument nécessaire pour ce dressage est composé d'un fil de laiton tendu par ses extrémités à l'aide d'un arc d'acier; il est appelé *cordeau*, *archet* ou *laiton*.

Le dresseur introduit le fil métallique, libre, dans le canon, et il le tend en le rattachant à l'arc; puis plaçant le canon horizontalement entre l'œil et la lumière, il lui devient facile d'aper-

cevoir si le fil repose exactement sur toute la longueur inférieure de l'ame. Dans cette position, il soumet à la même vérification les autres parties de l'ame, en faisant tourner le canon sur son axe.

Dressage à vue. Le mode de dressage qui précède n'est pas le plus exact, on préfère le *dressage à vue* qui consiste à faire tomber une ombre que l'on promène graduellement sur toutes les parties intérieures de l'ame, et à reconnaître les défauts par la forme que prend cette ombre, lorsqu'elle passe sur des points défectueux.

Le dresseur frappe extérieurement à coups de tête de marteau, les endroits qui correspondent aux défauts intérieurs, afin de faire rentrer les parois de l'ame.

Les canons ainsi dressés sont marqués d'un coup de panne de marteau, au tonnerre, pour indiquer qu'ils ont été dressés une fois. Ensuite on les renvoie à la forerie, pour enlever à l'aide d'une mèche, le métal refoulé.

Les canons passent trois fois de suite du dresseur chez le polisseur, pour être dressés exactement. Après le troisième polissage, le canon reçoit l'adoucissage qui termine l'intérieur dont le diamètre est de 0^m,0175 (7 lig. 9 points), ce dont s'assurent les *reviseurs*.

334. Les canons étant forés, dressés et polis, sont encore extérieurement à l'état de forge, et ils offrent des épaisseurs inégales de matières autour de l'ame; il faut répartir le métal également, et l'amener aux dimensions prescrites. Compassage."

On satisfait à cette condition par l'*aiguillage* qui est toujours précédé du *compassage*.

Les instrumens et les outils du compasseur sont : un *grand compas* à deux branches parallèles, une *lime plate*, un *étau* et un *valet*.

L'usage du compas indique le *mal égal*, c'est-à-dire, la quantité de matière à enlever : ce défaut est cherché sur 4 points de la hauteur du canon, et on l'indique par des coches ou traits de lime appelés *compassures*.

Émoulage.

335. Une émoulerie ou aiguiserie se compose d'une meule de grès baignant dans l'eau, et mise en jeu par un mouvement dérivé de la roue hydraulique appartenant à la forerie.

Les instrumens de l'émouleur sont en petit nombre : il a besoin d'*engins*, de *broches* coniques à crochet, d'un *marteau*, de *graudes* et de *petites mesures*, dites *proportions*, enfin d'un *couperet* ou *hachette*, pour retailler la meule.

L'émouleur présente le canon à l'action de la meule, en se plaçant sur côté; il blanchit toute la surface du canon, à l'exception des parties faibles, qui restent noires, et qu'on nomme *témoins*, il enlève ensuite les *compassures*.

Après ce blanchissage, les canons sont examinés de nouveau par le compasseur : ceux qui portent des témoins sont envoyés aux canonniers, pour être refoulés; les autres sont compassés sur 6 points de leur longueur.

Les canons compassés une seconde fois, sont reportés à l'émouleur qui les émoud, de la bouche au tonnerre, et les finit en établissant les cinq pans.

Le travail de l'émouleur exige que l'on présente les *proportions* avant l'émoulage, afin d'être guidé sur les différens diamètres à donner.

Les ouvriers des émouleries doivent avoir une grande dextérité ; c'est pourquoi il serait à désirer qu'ils fussent également compasseurs.

336. Une partie de l'opération qu'on nomme dégrossissage est remplacée, dans plusieurs manufactures, par un tournage, comme à St.-Etienne et à Tulle (1).

Tournage.

Le travail se divise en deux époques : 1°. le chef-d'usine prépare les canons sur trois points de leur longueur en enlevant au tour ordinaire l'excès de matière indiqué par une proportion ; il établit donc avec précision trois gorges qui doivent servir de guide pour tourner le canon : 2°. le tourneur place le tube sur le banc, où il est embrassé par le milieu dans une lunette de support qui l'empêche de vaciller ; le canon en rotation reçoit l'action d'un crochet d'acier qui enlève l'excès de fer restant entre les gorges.

L'opération commence par la bouche, et s'arrête à 0^m,108 (4 pouces) de la base du tonnerre, afin d'y laisser de la matière pour former les pans.

Cette seconde époque du tournage est si simple que le travail en est confié à des enfans.

337. On donne le nom de *garnisseurs* aux ouvriers occupés à finir le canon, leur travail princi-

Garnissage.

(1) Le tour à canons a été imaginé par le contrôleur Javelle, en 1785.

pal est le taraudage ; avant de tarauder les canons , on les coupe de longueur , on les recuit au tonnerre , et on forme la boîte qui est un évasement de 4 à 5 points destiné à s'opposer à un trop grand écrouissage du fer par l'action des tarauds (1).

L'emboitage n'est pas rigoureusement nécessaire : aussi est-il abandonné dans plusieurs manufactures.

338. *Taraudage des canons.* Pour exécuter le taraudage des canons , il faut un marteau pour enfoncer les tarauds à quille , un tourne-à-gauche , sorte de levier pour faire mouvoir les tarauds , enfin cinq tarauds destinés à entamer le fer au tonnerre pour y former le logement des filets du boulon.

Le cinquième taraud n'est employé que pour détruire les bavures intérieures : les bavures extérieures sont enlevées à la lime.

Pour rendre le travail plus facile , le canon est fixé verticalement dans un banc à hauteur d'appui ; le devant étant tourné vers le sol.

339. *Taraudage de la culasse.* Après que les garnisseurs ont formé l'écrou des canons , ils passent les boutons de la culasse à trois filières successives , dont la dernière correspond parfaitement à l'écrou de la boîte. Le bouton porte 0^m0135 (6 lig.) de longueur , et il a sept filets pleins , égaux à ceux qu'a reçus la boîte.

(1) On prétend qu'il y a de l'avantage à pratiquer l'emboitage avant l'action de la meule.

340. *Lumière.* Le perçage de la lumière s'opère par des poinçons et non par le foret.

Il faut au garnisseur, un trusquin, un étau, quatre poinçons, un marteau et des limes. Le premier poinçon sert à amorcer, le deuxième à approfondir l'ouverture, le troisième perce en totalité, et enfin le quatrième perfectionne le canal.

341. *Tenon.* On termine la garniture du canon en brasant le tenon destiné à assujettir la bayonnette.

Le garnisseur prépare de petits morceaux de fer qu'il découpe au ciseau, et qu'il ébarbe ensuite à la lime; chacun de ces morceaux forme un tenon.

Pour mettre un tenon, on marque son emplacement avec le trusquin, puis on forme son logement à la lime, en ayant soin de relever le fer à chaque extrémité avec un ciseau. Le logement étant préparé, on y place le tenon que l'on brase en cuivre jaune (1).

342. Après le garnissage, les canons sont portés à la salle d'épreuve pour être examinés par le contrôleur, la veille de l'épreuve. Cette visite est le complément de celles qui ont été faites pendant le travail.

Visite avant
l'épreuve.

Les canons reconnus bons sont marqués au tonnerre avec un poinçon qui porte la lettre initiale du nom du contrôleur qui les a admis.

343. Les canons garnis subissent deux épreuves

Epreuves.

(1) Les brasures et les soudures sont expliquées dans la leçon sur les alliages, 3^e. partie de ce cahier classique.

qui consistent à les tirer deux fois de suite. Dans la première charge, le poids de la poudre est de 27^{es}, 175 (7 gros 8 grains), c'est-à-dire égal au poids d'une balle de 18 à la livre, et dans la deuxième charge, il n'est que de 21^{es}, 740 (5 gros 49 grains $\frac{3}{5}$).

Après la charge, les contrôleurs s'assurent si tous les canons sont chargés; puis ils les font ranger horizontalement sur un banc d'épreuve. Le feu est communiqué par une trainée de poudre qu'on établit sur toute la série des canons à éprouver, et l'inflammation est donnée par une platine ordinaire fixée à l'extrémité du banc.

La première salve terminée, un contrôleur s'assure s'il existe des canons qui n'aient pas tiré, et alors il rend ceux-ci aux garnisseurs pour être amorcés de nouveau et tirés de suite. Les canons éprouvés une première fois, subissent une deuxième épreuve, semblable à la première, mais en employant moins de poudre.

Tous les canons éprouvés deux fois sont portés à la salle de révision pour être examinés par le contrôleur qui rebute ceux qui ont des *crevasses*, des *évents*, des *travers*, des *pailles*, des *doublures*, etc.

Les canons sans défaut sont marqués d'un E, qui indique qu'ils ont été éprouvés : ils sont rendus ensuite aux garnisseurs qui les font déculasser et sécher, puis y remettent les culasses et les livrent aux adoucisseurs (1).

(1) Règlement du 22 brumaire an IX, sur les manufactures d'armes à feu, titre 2.

344. L'adoucissage a pour objet de faire dis- Adoucissage.
paraître les traits formés par l'action de la meule ;
on y parvient avec des limes : on commence avec
une lime bâtarde, et on finit avec une lime douce.

Pendant le travail, on couvre le canon avec de
l'huile, pour empêcher la lime de mordre trop
fortement, et l'adoucissage étant terminé, on enlève
l'huile avec de la paille de fer.

345. Les canons qui ont été adoucis et dégrais- Salle
sés, sont portés dans une salle humide, où, pen- d'humidité.
dant leur séjour, l'oxidation s'établit seulement
dans les parties qui ont des défauts cachés ; parce
que n'étant pas décapées dans l'adoucissage, elles
sont exposées à une oxidation plus grande, par la
décomposition de l'air et de l'eau.

Après un séjour d'un mois, les canons sont es-
suyés intérieurement et extérieurement ; puis ils
sont examinés une dernière fois par les contrôleurs
qui y aperçoivent facilement les défauts indiqués
par l'oxidation.

Telles sont les opérations principales par les-
quelles le fer passe pour arriver à l'état de canon
fini (1).

346. La platine est le système au moyen duquel Platine.
on fait partir l'arme ; elle est composée de vingt
pièces dont une en cuivre, et quatre en acier, si

(1) Voyez chacun de ces articles dans : l'Encyclopédie mé-
thodique (arquebuzier) ; le Supplément ou Dictionnaire raisonné
des sciences, etc. ; le Dictionnaire de l'artillerie.

on y comprend la batterie dont la face seulement est en acier, les autres pièces sont en fer.

Toutes ces pièces sont portées par une seule, qui, pour cette raison, est appelée *corps de platine*; neuf pièces sont placées sur la face extérieure du corps de platine, et dix sur sa face intérieure.

Sur la face extérieure.	{	Le chien.
		La machoire supérieure du chien.
		Le bassin.
		La batterie.
		Le ressort de batterie.
Sur la face intérieure.	{	Quatre vis.
		La noix.
		La gachette.
		Le grand ressort.
		Le petit ressort.
		La bride de noix.
		Cinq vis.

Fabrication
par les moyens
ordinaires.

347. Toutes les pièces qui composent la platine sont forgées au marteau, à l'exception du bassin seul qui est fondu.

Les pièces forgées, qui doivent être échancrées ou percées, reçoivent l'action d'un emporte-pièce, ou de poinçons servis par un mouton; cependant plusieurs trous ne peuvent être établis qu'au foret.

Les pièces de forge sont ensuite blanchies, soit à la meule, soit à la lime, puis assemblées, trempées et polies.

Fabrication
par les moyens
accélérés.

348. Il semblerait que dans le travail d'un si grand nombre de pièces, on dût gagner en écono-

mie et en célérité, si on remplaçait les moyens ordinaires par les machines qui, de nos jours, ont opéré une grande diminution dans le prix de tout objet manufacturé.

Dans les circonstances pressantes de 1793, on fit revivre les anciennes idées de fabrication accélérée, qui avaient donné lieu à divers essais vers 1722 et 1785 : on proposa donc de fabriquer des platines, dont les pièces de même nom devaient être tellement semblables qu'elles pussent être substituées l'une à l'autre : ces platines furent appelées *identiques* et *similaires*. Des machines furent établies à Versailles, à Roanne, etc., et des expériences comparatives ont prouvé que s'il y avait célérité, on n'obtenait pas l'identité demandée, et que de plus, ces sortes de platines n'offraient pas la solidité de celles qui sont fabriquées par les moyens ordinaires ; aussi les machines ont-elles été abandonnées pour toujours (1).

NOTA. Il serait inutile de répéter, dans ce cahier, les détails sur la fabrication, donnés dans les leçons orales ; il suffira de revoir les modèles qui offrent la forme que reçoit le métal, soit à chaque chaude, soit à chaque travail particulier.

(1) Voyez les ouvrages précités

VINGTIÈME LEÇON.

Fabrication de la baguette et de la bayonnette. — Trempe en paquet, recuit au bleu, et trempe à la volée pour les pièces de la platine. — Recette des armes finies. — Conservation des fusils. — Leur durée. — Bronzage des canons.

Baguettes. 349. La baguette se fait entièrement d'acier naturel à deux marques; cet acier est livré en verges quadrangulaires. La fabrication n'est pas la même dans toutes les manufactures: nous décrirons le travail exécuté à Charleville, comme étant le plus simple.

On commence par diviser les verges de longueur convenable, formant un poids de 0^k,366 (12 onces). A la première chaude, on étire carrément une extrémité et on la replie de 0^m,054 (2 pouc.) sur elle-même, pour former l'épaisseur de la tête; à la deuxième chaude, on étire le milieu sous forme cylindrique; à la troisième chaude on finit la tête; le reste de la baguette se termine au marteau ordinaire entre deux étampes et par un nombre de chaudes qui varie selon l'habileté de l'ouvrier. Après le travail de forge la baguette est trempée, puis recuite, pour être redressée au marteau. On la blanchit ensuite à la meule de grès, et on la polit à la meule de bois; enfin on la coupe de longueur et on recuit l'extrémité pour la tarauder en cet endroit (1).

(1) Procédés de la fabrication des armes blanches (Vandermonde), pag. 101.

Mémoire sur la fabrication des armes portatives de guerre, pag. 88; et Dictionnaire de l'artillerie. (M. le C^t. Cotty).

350. Les procédés de la fabrication de la bayonnette varient aussi suivant les manufactures : à Klingenthal, par exemple, trois forgers différens concourent au travail de forge, savoir : les forgers de douilles, ceux de la lame, qui soudent aussi la douille à la lame, enfin les forgers de viroles et de vis.

Bayonnettes.

Dans la plus grande partie des manufactures d'armes à feu, toute la bayonnette est forgée par un seul ouvrier. La première méthode entraîne des lenteurs, de la complication dans les visites et dans les recettes, et souvent des contestations entre les ouvriers.

Le fer d'échantillon pour la douille porte 0^m,0405 (18 lig.) de largeur, sur 0^m,0135 (6 lig.) d'épaisseur. A la première chaude, le forger de douille étire l'extrémité de la barre, il arrondit une partie à l'étaupe, en ménageant une masselotte destinée à souder la douille à la lame; il détache, à l'aide d'une tranche, la quantité de fer nécessaire pour former la douille, après quoi cette pièce pèse ordinairement 0^k,344 (11 onces 2 gros).

On plie la partie arrondie à la deuxième chaude, pour former le coude; à la troisième chaude, on élargit le côté opposé à la masselotte qui doit former la douille; on achève cette partie à la quatrième chaude, on chanfreine les deux bords, et à l'aide d'une cinquième on roule la lame. La douille ainsi ébauchée, est soudée, en trois chaudes, sur un mandrin; on forme le bourrelet et l'élevation du pontet en quatre chaudes, à l'aide

d'une étampe et d'une chasse, la douille étant garnie d'un mandrin ; la treizième et dernière chaude a pour objet de recuire la pièce, et de la rendre propre à l'action du foret.

Un forgeron avec son compagnon, peut livrer de 30 à 36 douilles par jour.

Les douilles forgées sont envoyées à la forerie, pour y recevoir successivement six allézoirs différents, dont le diamètre varie entre 0^m,020 et 0^m,022 (9 et 10 lig.).

Lame de bayonnette. On fabrique les lames avec de l'acier naturel à deux marques ; cet acier est en barre de 0^m,0158 (7 lig.) de largeur sur 0^m,0135 (6 lig.) d'épaisseur ; à la première chaude, qui devient la quatorzième, on étire 0^m,0811 (3 pouces) de l'extrémité de la barre, de manière à doubler la longueur forgée ; après cet étirage, on coupe la barre à 3 pouces au-dessous de l'endroit allongé ; les pièces détachées portent le nom de *maquette*, dont le poids est ordinairement de 0^k,229 (7 onc. 4 g.).

Pour souder la maquette à la masselotte, on chanfreine l'extrémité, au gros bout, on repète l'opération à la masselotte (15^e. chaude) ; puis, par une chaude suante (16^e. chaude), on rapproche les deux parties par une soudure : l'endroit soudé étant encore chaud, on tord la maquette, jusqu'à ce que l'une de ses arêtes et le milieu du pontet de la douille se trouvent dans le même plan.

La lame soudée s'étire en deux chaudes (17^e. et 18^e.), et elle présente une pyramide quadrangulaire très-allongée, dont l'une des arêtes regarde la douille.

On termine la bayonnette de forge dans des étampes, à l'aide de 5 chaudes; ainsi cette pièce reçoit 23 chaudes, sans compter celles de la virole dont la fabrication est trop simple pour être décrite.

Le forger de bayonnettes, aidé de son compagnon, peut livrer de 36 à 40 pièces par jour.

Après le travail de forge, les bayonnettes sont trempées et recuites, puis elles sont envoyées à l'aiguiserie, pour être blanchies à la meule de grès, cannelées, et enfin polies et brunies sur des polissoires en bois (1).

351. Dans les manufactures d'armes, on trempe en paquet toutes les pièces en fer qui composent la platine: l'objet que l'on se propose est de durcir la surface des pièces, sans nuire à leur ténacité.

Trempe
en paquet.

Cette opération consiste à stratifier, dans des vases en fonte, des couches de suie avec les pièces à tremper, et à exposer ces vases à une température suffisante, pour que la surface des pièces seulement se combine avec le charbon de la suie, et puisse passer à l'état d'acier, à une épaisseur de trois points; lorsque ces pièces sont chaudes, on les jette dans l'eau froide, pour leur communiquer la dureté demandée.

Le fourneau dans lequel on fait chauffer les paquets, n'est pas le même dans toutes les manufactures: sa forme dépend de la nature du combustible employé; nous citerons le plus économique.

(1) Voyez les derniers ouvrages cités.

A St.-Etienne, on fait usage d'un fourneau à reverbère chauffé à la houille non-épurée; c'est sur la sole qu'on place des vases en fonte nommés *paquets*; ceux qui sont les plus gros, ou qui renferment les pièces les plus fortes, sont rangés près du foyer, et lorsque les paquets sont petits, on les expose près de la cheminée. Par cette disposition, chaque paquet se trouve occuper la place qui lui convient, puisque l'intensité du calorique diminue de l'autel à la cheminée.

**Trempe
à la volée.**

352. Les ressorts de platine et de garnitures sont trempés à la *volée*, opération qu'on exécute en les chauffant à la couleur rouge cerise: arrivés à cette couleur, on les plonge dans l'eau froide, ce qui leur donne de la fragilité; mais on détruit cette trempe sèche, par un léger recuit, en frottant les ressorts avec de l'huile, et en les exposant au feu jusqu'à ce que l'huile qui les recouvre entre en combustion.

Recuit au bleu.

353. Les pièces de la platine dont la dureté serait trop grande en sortant du paquet, subissent un recuit au bleu: ces pièces sont la noix, la bride de noix et la gachette; on les chauffe sur une feuille de tôle jusqu'à ce que la couleur bleue devienne apparente, puis on retire les pièces qu'on abandonne à l'air. Le chauffage se fait au charbon de bois; mais à St.-Etienne, pour cette opération, on a un petit fourneau économique chauffé à la houille.

Le pied de la batterie doit être recuit soit au plomb fondu, soit entre les mors d'une tenaille.

Toutes les pièces qui ont été trempées ou recuites, sont rendues aux équipeurs-monteurs, qui les avaient assemblées avant la trempe. Ces ouvriers les font polir et les assemblent de nouveau.

354. Les armes finies sont portées à la salle de recette, où les équipeurs-monteurs doivent les démonter de toutes pièces, pour les soumettre, dans leur détail, à l'examen des contrôleurs, reviseurs et officiers chargés de surveiller ce travail. Recte des
armes finies.

La vérification se fait au moyen d'une collection d'instrumens fabriqués à l'atelier de précision du dépôt central de l'artillerie. Nous renvoyons aux planches de dessin de ces instrumens, annexées au règlement fixant les dimensions des armes portatives (1).

On vérifie la longueur du canon qui est de 1^m,136 (42 p^o.) (2); puis on examine l'épaisseur, sur six points de la longueur, en faisant usage de deux lunettes, l'une grande, l'autre petite; elles portent chacune des échancrures, qui offrent pour la même place à vérifier, une variation tolérée, excepté pour la bouche (pl. I^{re}, grande et petite lunettes). Le calibre intérieur du canon doit être de 0^m,0175 (7 lig. 9 points); on le vérifie par deux cylindres, l'un d'acceptation qui doit avoir le diamètre du canon, l'autre de rebut, qui ne doit pas

(1) Règlement du 1^{er} vendémiaire an XIII. (n^o. 1933 de la bibliothèque de l'école de Metz.

(2) Dans le modèle de 1822, la longueur du canon est diminuée de 0^m,054 (2 pouces), et la bayonnette est augmentée de cette quantité.

entrer, et qui porte 0^m,0180 (8 lig.) de diamètre (pl. I^{re}, calibre A et B).

La lumière doit être percée à 8 lignes et de bas en haut, formant un angle de 78° avec le pan : elle a la forme d'un cône tronqué, le grand diamètre est à l'extérieur. On vérifie le diamètre et le placement de lumière, en même temps que le pan, avec un instrument particulier; le pan ne doit pas avoir été limé.

La culasse doit avoir son bouton pourvu d'autant de filets que la boîte; le bouton a 0^m,0158 (7 lig.) de longueur, il ne porte plus d'échancrures, et doit entrer exactement dans la boîte taraudée. Pour rechercher les véritables dimensions de la culasse, on présente à celle-ci un vérificateur (Fig. 1^{re}, pl. II^e).

Toutes les parties du canon étant vérifiées, on doit s'assurer que son logement sur le fût lui permette d'y entrer de la moitié de son diamètre.

Les pièces de la platine éprouvant, dans l'usage, un travail continu, doivent avoir beaucoup de solidité, et une grande précision.

Le corps de platine aura ses deux faces planes, excepté à l'extérieur, où la partie comprise entre le derrière du chien et la queue doit être arrondie.

On vérifie si les trous sont percés aux places qu'ils doivent occuper, en présentant un *calibre* au corps de platine; et on s'assure s'il a la forme voulue, en l'introduisant dans un instrument qu'on nomme vérificateur du contour (Fig. 2).

Le bassinet est en cuivre (n^o. 322), et porte un garde-feu.

On examine les épaisseurs et les longueurs des différentes parties du bassinet, en leur présentant un vérificateur (Fig. 3°).

La courbure de la face de batterie doit être telle que, quelle que soit la longueur de la pierre, cette dernière frappe toujours sous le même angle; ce dont on s'assure par une pente placée au vérificateur, qui indique aussi les dimensions des autres parties de la batterie (Fig. 4°).

Le contour du chien est examiné à l'aide d'un calibre, et on en mesure les dimensions par un vérificateur (Fig. 5°).

Toutes les pièces de la platine, dont on vient de parler, doivent être parfaitement trempées en paquet; on s'assure de leur dureté avec une lime douce qui ne doit pas y mordre.

La noix sur laquelle roule principalement l'action de la platine, doit avoir le côté qui porte l'arbre légèrement convexe; et, étant en place, sa partie cylindrique débordera un peu la face extérieure du corps de platine.

On vérifie la noix dans toutes ses parties avec un instrument particulier (Fig. 6°).

La dureté de la noix doit être moindre que celle des pièces précédentes, et une lime douce doit y mordre légèrement (n°. 353). La bride et la gâchette sont vérifiées comme la noix.

Les ressorts doivent être parfaitement élastiques: on a proposé plusieurs machines pour juger de la bonté des ressorts; elles se réduisent toutes à en mesurer la force par le rapport des poids né-

cessaires pour les comprimer. La machine présentée par M. Régnier, pour comparer les forces relatives des ressorts, semble mériter la préférence (1) : aucune n'a encore été adoptée, et on continue à vérifier la bonté des ressorts, en faisant jouer les différentes pièces de la batterie (2).

Les garnitures du canon sont présentées chacune sur un mandrin (Fig. 9, 10 et 13, pl. III), pour vérifier leur diamètre ; ces pièces sont ensuite soumises à un seul instrument vérificateur portant des ébauchures pour les autres dimensions.

L'écusson, ou pièce de détente, se vérifie avec un mandrin (Fig. 19), et le pontet de sous-garde, par un autre mandrin (Fig. 23).

La vérification de la baguette s'opère pour la longueur avec une mesure, pour ses diamètres par un calibre, et son élasticité avec une caisse d'épreuve, où on fait décrire à la baguette une courbure dont la flèche doit être de 0^m, 135 (5 pouc.), (Fig. 29, pl. IV).

On vérifie la bayonnette en présentant la douille sur un mandrin dont le diamètre est celui du canon vers la bouche, puis on mesure la longueur de la lame et son écartement, à l'aide d'un instrument à retour d'équerre (Fig. 24), ensuite on

(1) Bulletin de la Société d'encouragement, 7^e. année, n^o. 45, page 58, planche 44.

(2) Aide-mémoire, 5^e. édition, pag. 582.

Fabrication des armes à feu portatives, pag. 84.

Dictionnaire de l'artillerie, à l'article *Ressorts de platine*.

éprouve la lame sur une machine à mentonnet (Fig. 35).

La réception des autres parties du fusil est très-simple; nous renvoyons, pour sa description, aux auteurs cités, ainsi qu'au règlement du 22 brumaire an IX (1).

355. Les fusils reçus sont passés à la pièce grasse, pour les parties métalliques; et, quant au bois, on le couvre d'une couche d'huile ordinaire dont l'effet est de le défendre de l'action de l'humidité, ainsi que de l'attaque des vers. Les fusils préparés de cette manière sont expédiés aux directions d'artillerie, où on les loge dans des magasins appelés *salles d'armes*.

Conservation
des fusils.

Les salles d'armes sont établies au 1^{er}. étage afin d'éviter l'humidité; les fusils y sont placés sur des râteliers où ils reposent sur les *portecrosses*, et sont appuyés sur les *portecanons*.

Les réglemens prescrivent que l'entaille des porte-canons soit moins grande au point d'appui que le diamètre de l'ame, pour que le fer ne touche pas le bois, et éviter par là l'oxidation du métal qui se forme au point de contact (2).

Les fusils, arrivés à une direction, sont essuyés d'abord, puis passés à la pièce grasse et placés sur les râteliers; on a soin de fermer les canons avec un bouchon en bois.

On conserve les fusils en enlevant la poussière,

(1) Recette des armes finies, titre 2, art. 41.

(2) Règlement du 1^{er}. vendémiaire an XIII, sur les demandes et l'entretien des armes portatives, etc., titre 4, paragraphe 40.

les taches d'oxide, et en les passant encore à la pièce grasse aussi souvent que le besoin l'exige.

Lorsque les fusils doivent sortir des salles pour être délivrés aux troupes, on démonte les platines, on enlève le cambouis, et on met une goutte d'huile aux articulations.

Durée des fusils. 356. On a fixé à 50 ans la durée du fusil entre les mains du soldat ; mais cette arme est ordinairement détériorée avant ce temps par plusieurs causes, dont la principale est évidemment le fréquent nettoyage qu'on exige pour conserver un brillant inutile.

Bronzage des fusils.

357. Pour s'opposer à l'altération des canons de fusils, et pour empêcher les troupes d'être aperçues de loin à la guerre, etc., les anglais ont imaginé, en 1815, de donner à ces armes un bronzage que M. Dupin a très-bien décrit (1).

La manière de bronzer les armes s'opère à l'aide de deux compositions : la première est un mordant qui, en se décomposant sur le métal, l'altère et y abandonne les oxides que ce mordant tenait en suspension. La deuxième n'est qu'un vernis à la laque qui empêche l'action de l'air et de l'eau de pousser plus loin l'oxidation du fer.

Ces moyens seraient sans doute très-précieux, si le bronzage offrait une longue durée ; mais malheureusement les vernis à l'alcool ne résistant pas au frottement, on doit en conclure que les anglais ne sont pas plus avancés que nous sur ces com-

(1) Force militaire de la Grande-Bretagne, tom. 2, pag. 110.

positions toujours altérables et dont on avait déjà recouvert depuis long-temps les armes de luxe à Versailles (1).

VINGT-UNIÈME LEÇON.

Des armes blanches des anciens. — Préparation des étoffes, leur usage. — Choix de l'acier pour les lames. — Affinage de l'acier au Klingenthal, passage de l'acier en billes, en barres, en languettes, en troussees et en lopins. — Distinction des aciers en marques. — Théorie de l'affinage. — Fabrication des maquettes et des lames. — Aiguisage des lames, leur polissage, leur épreuve et leur conservation. — Damas de Perse, leurs caractères. — Damas d'Europe, leur fabrication par des étoffes et par des alliages. — Notice sur les enduits conservateurs des métaux.

358. L'homme dans le premier état de société, a eu à se défendre contre les animaux, puis contre ses semblables. Les substances choisies d'abord pour composer les armes, furent des corps durs, tels que le bois, la pierre, les os et enfin les métaux, que leur peu de dureté fit remplacer par des alliages; mais la sidérurgie ayant amené la connaissance de l'acier, ce dernier produit de l'art mérita la préférence.

Les premiers instrumens employés à la guerre,

Des armes
blanches des
anciens.

(1) Mémoire sur la fabrication des armes à feu portatives (M. Cotty), pag. 112, et Dictionnaire de l'artillerie, article *mise en couleur des canons*. (M. le Cl. Cotty).

soit pour attaquer, soit pour se défendre, furent des bâtons garnis de pointes ou de dards métalliques : tels étaient les *épieux* qui, en augmentant de longueur, ont porté les noms de *sarisses* et de *piques*.

Pline rapporte que les lacédémoniens furent les inventeurs de la pique; cette arme des peuples de l'antiquité est aussi devenue celle des modernes, qui l'ont variée sous un grand nombre de formes, pour réunir plusieurs avantages à la fois.

La pique, en changeant de forme, prit aussi les noms particuliers de *lance*, de *javeline*, de *pertuisane*, de *hallebarde* et d'*esponçon* ou *sponton*.

Ces diverses sortes de piques furent employées avec succès par notre infanterie jusqu'en 1669, époque de l'invention de la bayonnette.

Sil'on recherche l'origine de l'épée, on voit qu'elle a pris naissance après le poignard, et long-temps avant la découverte du fer. Cette arme blanche fut courte d'abord, ensuite on l'allongea, puis on lui donna un tranchant, avec plus ou moins de largeur, et on la changea de cette manière en sabre, dont les formes ont singulièrement varié avant d'arriver aux modèles en usage dans les troupes françaises.

Etoffes.

359. En corroyant le fer avec l'acier, on forme des mélanges connus dans les arts sous le nom d'*étouffes*.

Avant de donner la fabrication des lames, nous exposerons succinctement la préparation des étoffes

à cause de l'analogie qui existe entre ces composés et la matière des lames.

Par les mélanges du fer et de l'acier, la mollesse du premier se combine à la dureté du second, pour donner naissance à l'élasticité, propriété qui est le principal caractère des étoffes.

Outre les étoffes fournies par la combinaison du fer et de l'acier, on en compose encore qui sont uniquement formés d'aciers; dans ce cas, il faut que les aciers mélangés soient de qualités différentes: ainsi, en réunissant de l'acier mou avec de l'acier dur, on obtient des étoffes (1).

Usage. Les étoffes servent à faire des ressorts de toutes les formes pour les machines, on en fabrique aussi tous les outils ou instrumens qui doivent jouir d'une élasticité plus ou moins grande.

360. L'acier naturel est le seul qu'on emploie à la fabrication des lames, après lui avoir fait subir un affinage à l'usine même. Autrefois toutes les lames destinées aux armées françaises se fabriquaient uniquement avec l'acier de *Nassau-Siegen*, parce que les ouvriers, habitués à travailler cette sorte d'acier, considéraient le nôtre comme ne pouvant pas convenir à cet usage.

Le comité central de l'artillerie fit faire, en 1818, des essais sur un grand nombre d'aciers français, et le résultat de ces recherches a été en faveur des

Choix de l'acier
pour les lames.

(1) Description des Arts et Métiers, par MM. de l'Académie, tom. 8, pag. 95, planch. 6.

aciers de Béze (1), qui sont les seuls employés aujourd'hui pour toutes nos lames.

Affinage de l'acier au *Klingenthal*. 361. L'acier brut arrive en fragmens et dans des barils ; on le nomme aussi *acier en billes*.

L'affinage s'opère par le corroyage ; mais avant de l'effectuer, on fait subir au métal des opérations préliminaires.

Les billes sont chauffées au rouge-blanc, puis on les allonge par l'étirage ; alors elles prennent le nom de *languettes* ; celles-ci, étant encore chaudes, sont jetées dans l'eau froide pour être durcies. Par ce prompt refroidissement, elles acquièrent une fragilité nécessaire pour être brisées facilement. L'ouvrier exercé reconnaît l'état de l'acier dans la cassure des fragmens, ce qui lui permet de ranger ces languettes en trois classes ou qualités.

Dans ce premier travail, l'affineur a soin de réserver quelques languettes qu'il ne brise pas, et auxquelles il donne seulement une légère courbure, pour servir de couverture aux trousse.

Composition de la trousse. L'affineur commence sa trousse, en superposant, sur une grande languette d'acier mou, quinze à dix-huit morceaux pris dans les trois qualités différentes, en mélangeant ces morceaux entre eux de manière à obtenir de l'acier homogène et convenable à l'espèce de lames qu'on se propose de fabriquer. L'arrangement terminé, l'affineur recouvre les morceaux

(1) Usines de MM. Rochet et Sirodot, à Béze près Mirebeau, département de la Côte-d'Or.

d'une languette semblable à la première, et alors la trousse est achevée.

Traitement de la trousse. La trousse préparée est chauffée au blanc-soudant, puis étirée au martinet, en quatre chaudes environ; la pièce de forge qui en résulte prend le nom de *lopin*; ses dimensions varient, selon la grosseur de la trousse; mais ordinairement, le lopin est de 1^m,299 (4 pieds) de longueur, sur 0^m,06 (2 pouces 3 lig.) de largeur et de 0^m,05 (1 pouce 10 lig.) d'épaisseur.

L'affineur profite de l'instant où la pièce est encore rouge pour la couper en deux parties égales, par le secours d'une tranche qui l'entame seulement aux $\frac{3}{4}$ de son épaisseur.

362. L'acier des lopins a déjà éprouvé un commencement d'affinage; mais il n'a pas encore été ployé et soudé, travail qui lui donne le degré d'homogénéité nécessaire.

Des marques
de l'acier.

L'affineur brise les lopins, en réunit deux morceaux, les chauffe et les soude, en les étirant: l'acier qui provient de cette dernière opération, est dit à *une marque*. En répétant le ployement et la soudure une deuxième fois, il forme de l'*acier à deux marques*; et, en continuant ce travail une troisième fois, il obtient de l'*acier à trois marques*.

Les lopins à deux et à trois marques sont divisés en deux parties, que l'on soumet à l'examen des officiers de l'usine; et, si l'acier est reconnu bon, il est reçu.

Visite.

363. Les lopins divisés sont étirés séparément en longues barres que l'on coupe encore en deux parties, pour faciliter les opérations subséquentes.

Etirage en barres et en martelettes.

Les barres sont placées dans le foyer de la forge, au nombre de 8 ou 10 à la fois, pour être ensuite étirées l'une après l'autre, au martinet, par l'extrémité chauffée.

On coupe à une longueur convenable, la partie amincie; et le morceau séparé prend le nom de *maquette*. On porte de nouveau au feu le reste de la barre, pour en obtenir d'autres maquettes semblables à la première. Enfin les maquettes sont livrées aux forgers de lames (1).

Usage des aciers
de 2 et de 3
marques.

364. L'acier à deux marques est employé pour les lames courtes, telles que celles d'infanterie, d'artillerie, de bayonnettes, de lances, etc.

L'acier à trois marques, étant plus élastique que le premier, convient pour les lames longues.

Aiguillage.

365. Les lames forgées et trempées sont blanchies sur des meules de grès mises en mouvement par le secours de l'eau; ces meules peuvent être rangées en trois classes :

1°. Les grandes meules, de 2^m,273 à 2^m,597 (7 à 8 pieds) de diamètre et de 0^m,108 à 0^m,135 (4 à 5 pouces) d'épaisseur, sont employées à dégrossir ou à blanchir toutes les parties planes, ou saillantes des lames;

2°. Les meules moyennes, de 0^m,838 à 0^m,865 (2 pieds 7 à 8 pouces), sont cannelées, pour blanchir en long les pans creux ou évidemens;

(1) On explique dans la leçon orale le travail qu'exécutent les forgers, en mettant des modèles sous les yeux des élèves. Nous renvoyons pour cette fabrication à l'ouvrage de Vandermonde, pag. 58, et au Dictionnaire de l'artillerie, art. *lames de sabres*.

3°. Les petites meules, de 0^m,162 à 0^m,189 (6 à 7 pouces et au-dessous), proviennent ordinairement des débris des grandes, et portent aussi des cannelures.

Autrefois l'aiguïsage, sur les deux dernières espèces de meules, se faisait à sec; parce que l'eau, en ramollissant la pierre, détruit promptement les cannelures. Il résultait du travail à sec des accidents graves pour les aiguiseurs; la poussière qu'ils respiraient, portée dans les voies aériennes, leur causait la phthisie, maladie également commune aux caillouteurs. Pour éviter ces accidents, toutes les opérations qu'on exécute aujourd'hui sur les meules se font à l'eau.

366. Les lames blanchies sur le grès reçoivent le poli sur des meules de bois de chêne ou de noyer, garnies d'huile et d'émeril. Polissage
et brunissage.

Le bruni est donné par des meules semblables, mais l'émeril est remplacé par le charbon.

367. Les lames sont d'abord contrôlées quant à leurs dimensions; leurs formes sont vérifiées à l'aide de fourreaux, les épaisseurs et les largeurs par des calibres. Epreuves.

Les épreuves sont de trois sortes :

1°. Le ployement;

2°. Le fouettage;

3°. La percussion.

Les lames longues subissent les trois opérations, et les lames courtes les deux dernières seulement.

Ployement. On exécute le ployement de deux manières : en piquant la lame sur le plancher et en la poussant sans précipitation, ou en se servant d'une caisse particulière, dont les dimensions varient selon l'espèce de lame dont on veut éprouver l'élasticité.

Fouettage. Avant 1810, toutes les lames étaient fouettées sur un *billot* en bois de chêne, dont la forme était celle d'un cône tronqué. L'emploi du billot a été abandonné, parce que l'épreuve variait avec l'angle selon lequel on fouettait la lame.

Le billot est remplacé maintenant par des blocs aussi en chêne appelés *jantes*, dont la forme varie selon la lame qu'on veut éprouver.

Les lames longues sont fouettées sur des jantes à surface cylindrique, portant une courbure relative à l'espèce de lame et à la force de l'épreuve qu'on veut lui faire subir. Ces instrumens sont nommés *jantes courbes*.

Les lames d'infanterie sont fouettées sur une jante à surface plane qui prend le nom de *jante plate*.

Toutes les lames sont fouettées à plat et de chaque côté pour en faire décélérer les défauts.

Percussion. Après le fouettage on frappe encore le dos et le tranchant des lames sur un bloc en bois dur, pour s'assurer qu'elles ne portent plus de défauts (1).

(1) Aide-mémoire, 5^e édition, tom. 2, pag. 602.

Dictionnaire de l'artillerie au mot *lames de sabres*.

Les lames reçues sont montées de leurs gardes, Conservation.
passées à la pièce grasse et mises dans leurs fourreaux.

Les sabres ainsi préparés sont envoyés aux directions d'artillerie, où on les conserve en leur donnant les mêmes soins qu'aux fusils (n°. 355).

368. Les damas, ainsi appelés du nom de l'ancienne capitale de la Syrie où on les a fabriqués pour la première fois, se tirent exclusivement de la Perse; mais ils n'ont plus, dit-on, les qualités que possédaient ceux de la Syrie.

Damas
de Perse.

L'acier qui entre dans la composition de ces lames, ainsi que les procédés à l'aide desquels on les obtient, nous sont entièrement inconnus.

369. Les lames de damas se reconnaissent par des caractères particuliers qu'il convient d'indiquer ici : leur surface est recouverte de petites veines noires et blanches d'une telle finesse qu'elles ressemblent à un sablé mélangé de noir et de blanc; ce sablé disparaît par le poli et il redevient apparent par l'immersion de la lame dans de l'eau acidulée. L'acier de damas est plus difficile à forger que l'acier fondu, la trempe donne aux lames une grande fragilité, l'action de la meule dans l'aiguillage en détache les molécules tendres, ce qui établit sur le tranchant une série de dents qui rend ces lames très-favorables pour couper les corps mous comme la chair.

Caractères.

370. On a cherché en Europe, à imiter les damas par des étoffes (n°. 359); et toutes les tentatives ont été infructueuses, pour obtenir le dessin

Damas
d'Europe.

damassé, si désiré par un pur caprice : mais les damas d'Europe l'emportent sur ceux de Perse, par une grande ténacité, qualité très-essentielle pour une lame dans la main du guerrier.

Les procédés de fabrication ont été décrits par Perret⁽¹⁾ ; mais ceux qui ont été imaginés par Clouet, et publiés par M. Hachette⁽²⁾, en forment un art. facile à pratiquer : cet illustre chimiste a réduit à trois méthodes simples, les moyens d'exécuter tous les dessins possibles sur les lames figurées : 1°. par lames parallèles, 2°. par torsion, 3°. par mosaïque.

Lieux
de fabrication.

371. Les plus belles lames *damassées, figurées*, ou *damas d'Europe* fabriqués en France, sont celles qui sortent des établissemens de MM. Coulaux (Klingenthal), de M. Degraud-Gurgey (Marseille) et de M. Trépoz (Paris).

372. La fabrication des damas, par des mélanges d'acier, n'est pas la seule qu'on ait indiquée. On doit à M. l'ingénieur Berthier, la composition d'un alliage d'acier et de chrome facile à obtenir, et que ses propriétés rendent précieux : cet alliage se laisse travailler à la forge, acquiert de la dureté à la trempe et prend un beau noiré-damassé, par l'immersion dans l'acide sulfurique faible⁽³⁾.

(1) Descriptions des arts et métiers, par MM. de l'académie, tom. 8, pag. 217, planch. 64; ou Encyclopédie méthodique (arts et métiers), tom. 2, pag. 28.

Mémoire sur l'acier, Paris 1779, par Jean-Jacques Perret.

(2) Journal des mines, tom. 15, pag. 421, planch. 6; ou Annales des arts et manufactures, tom. 17, pag. 229, planch. 9. Sydérotechnie, tom. 4, pag. 236, planch. 64.

(3) Annales de chimie, 2^e. collection, tom. 17, pag. 62.

373. L'action des agens destructeurs sur le fer, diminue les services que nous retirons de ce métal. Les artistes qui travaillent le fer ont dû chercher des moyens pour s'opposer à cette altération, et ils ont trouvé une foule de substances qui servent à former des enduits préservateurs, simples ou composés.

Enduits
conservateurs
du fer.

374. Lorsqu'on veut conserver des instrumens en fer, ou en acier, on les frotte d'un linge imprégné d'huile ou de graisse : l'emploi de ces substances remplit mal le but qu'on se propose, et exige un fréquent nettoyage.

Enduits sim-
ples, huiles et
graisses.

Les anciens ont vainement essayé les graisses d'un grand nombre d'animaux, parce que toutes contiennent les mêmes principes (1). Nous préférons l'usage de l'*élaïne* seule, puisque son altération n'est presque pas sensible, comparée à celle des corps gras ou huileux, qui renferment beaucoup de *stéarine*, dont les propriétés indiquent une altération prompte.

375. On fait usage, comme enduit, de la plombagine, ou fer carburé naturel, connu dans le commerce et dans les arts, sous le nom impropre de *mine de plomb* ; son mode d'application est simple : on en frotte les pièces à conserver, ou bien on délaie, dans de l'eau gommée ou de la bière, cette

Per-carburé
de fer.

(1) Voyez l'examen des huiles et des graisses dans les nouveaux ouvrages, et dans les *Annales de chimie*, tom. 93, p. 225 ; tom. 94, pag. 75 et 80.

substance pulvérisée, et on applique ce mélange à la brosse.

L'enduit de plombagine ne peut servir que sur les pièces non polies ; il leur donne une apparence de propreté ; mais il est de peu de durée, et exige un fréquent renouvellement

Poix. 376. La poix noire, dite des cordonniers, sert à couvrir les ouvrages grossiers de serrurerie. Pour appliquer cet enduit, on fait chauffer les pièces, et lorsqu'elles sont chaudes, on les passe à la poix. Cette couche de résine conserve long-temps les ferrures de l'intérieur des bâtimens, mais il n'en est pas de même de celles qui sont exposées aux injures de l'air ; car au bout d'un an, elles demandent une nouvelle application.

Charbon. 377. Les forgerons se servent souvent d'un moyen facile pour conserver certaines pièces en fer : ils les chauffent au petit rouge ; et, dans cet état, ils les frottent avec de la corne, des plumes, ou d'autres substances animales ; celles-ci, en se décomposant, abandonnent une couche de charbon qui devient adhérente, parce que le métal dilaté, lors de l'application, reçoit la matière dans les pores qui avoisinent la surface.

Les pièces en fer, ainsi recouvertes, sont dites *passées à la corne*.

Chaux. 378. La chaux blanche ou la chaux caustique à bâtir, est appliquée sur les pièces de forge par un moyen simple : on délaie la chaux dans de l'eau jusqu'à ce qu'on obtienne une bouillie claire ;

on y plonge les pièces, puis on les en retire aussitôt pour les faire sécher; cet enduit est le plus mauvais (n°. 317).

379. Les couleurs à l'huile siccativie préservent très-bien les métaux de l'action des agens extérieurs, et toutes les compositions de cette nature peuvent être appliquées sur le fer.

Enduits composés. Couleurs à l'huile.

380. Les instrumens qui doivent conserver leur brillant métallique, comme ceux de physique et de géodésie, sont recouverts de vernis à l'alcool qui ont pour bases des résines, tels que la laque, le mastix, la sandaraque, le copal, etc.

Vernis à l'alcool.

381. Si l'on fait dissoudre les résines dans l'huile siccativie, et qu'après la dissolution on y ajoute de l'huile essentielle de térébenthine, on obtient le vernis pour les voitures de luxe, les lampes ou quinquets, etc.

Vernis gras.

Ces deux espèces de vernis (n°. 380 et 381), conviennent très-bien pour prévenir l'oxidation sur les objets en fer et en acier dont on veut conserver le brillant (1).

382. La composition dont on fait usage dans les directions d'artillerie, pour l'entretien des armes, se prépare, d'après le règlement, avec quatre parties de suif contre une d'huile d'olive; on imprègne de cette composition un chiffon de linge ou de serge, qui prend le nom de *pièce grasse*; le simple

Pièce grasse.

(1) Voyez la composition des couleurs et des vernis dans les ouvrages de MM. Vatin et Tingry, ainsi que dans l'Encyclopédie (arts et métiers), tom. 2, pag. 9 et suivantes.

frottement de cette pièce sur les armes y dépose la couche de graisse suffisante à leur conservation.

Depuis la publication du règlement, l'expérience a fait préférer, dans plusieurs directions, l'usage de l'huile d'olive, en raison de son peu d'altération qui est prouvée par la théorie chimique ; c'est pourquoi nous avons déjà indiqué l'emploi seul de l'*elaine* (n°. 374).

FIN DE LA DEUXIÈME PARTIE.

609418



TABLE

DES MATIÈRES

*Contenues dans la 1^{re}. et dans la 2^e. partie du
Cahier classique sur le Cours de Chimie
appliquée aux Arts militaires.*

A.

	Pages
A CIER, (fabrication de l')	232
— de cémentation, ...	239
— fondu, ...	245
— naturel, d'Allemagne ou de fusion, ...	233
A DOUCISSAGE des canons, ...	329
A FFINAGE de l'acier au Klingenthal, ...	346
— du fer, ...	175
— du fer à l'allemande, ...	186
— du fer à l'anglaise, ...	195
— du fer à la bergamasque, ...	192
— du fer à la catalane, ...	186
— du fer à la française, ...	182
— du fer à la française et à l'allemande. (Comparaison de ces deux méthodes), ...	186
— du fer dans les pots, ...	196
— du fer aux puddling-furnaces, ...	198
— du fer en Styrie, ...	191
A NALYSE des aciers, ...	266
— de l'ardoise d'Anglesey, ...	15
— du plâtre-ciment, ...	86

	Pages
ANALYSE du Basalte, ...	34
— de la chaux sulfatée, ...	68
— de la pouzzolane, ...	38
— du silex-pyromaque, ...	7
— de la ponce, ...	37
— des pierres à chaux, ...	78
— du tripoli, ...	39
ARBUE, voyez <i>herbue</i> , ...	120
ARDOISES, (synonymie, caractères, analyse, gissement et localités, exploitation), ...	15
ARGILES, ...	16
— apyres, ...	50
— de France, ...	18
— fusibles, ...	45
— smectique, (synonymie, caractères, gis- sissement et localités, usage), ...	19
ARMES blanches, (fabrication des)	343
ART de l'affineur, ...	175
— du chaudronnier, ...	60
— du plâtrier, ...	68
AVANTAGES de la 2 ^e . fusion, etc., ...	167

B.

BAGUETTES de fusil, ...	332
BALLES de fer battu, (fabrication des)	226
BASALTE, caractères, analyse, gissement et localités, usage, ...	34
BATTAGE des boulets, ...	143
BAYONNETTES, ...	333
BERARDIÈRE, (fabrication de l'acier fondu à la)	249

BÉTONS, voyez <i>mortiers hydrauliques</i> , . . .	84
BOCARDAGE des minerais, ...	114
BOMBES, voyez <i>projectiles creux</i> , ...	149
BOULETS, voyez <i>projectiles pleins</i> , . . .	134
BRIQUES ordinaires, ...	46
— (emploi des machines pour la fabrication des)	57
— réfractaires, ...	50
BRONZAGE des fusils, ...	342

C.

CAFFUT, ...	164
CALBASSERIE, voyez <i>fourneaux à manche</i> , . . .	169
CANONS de fusil, ...	317
CASTINE ou cron, ...	121
CAUSES qui rendent les chaux hydrauliques, . .	76
CÉMENTATION des outils dans les parcs, (projet de).	264
— des scies et des limcs, ...	<i>id.</i>
CENDRURES, voyez <i>défauts des fers</i> , . . .	205
CHAMBON, (fabrication de l'acier fondu au) . .	249
CHARGEMENT des hauts-fourneaux, . . .	121
CHAUFournIER, (art du)	60
CHAUX carbonatée, ...	23
— carbonatée crayeuse, (gissement et lo- calités, usage)	32
— carbonatée grossière, (gissement et lo- calités)	29
— caustique ou chaux vive, ...	73

	Pages
CHAUX commune, ses caractères, son usage, . . .	75
— hydraulique, (caractères, usage), . . .	76
— hydrauliques, (causes qui rendent les)	<i>id.</i>
— hydrauliques artificielles, ...	79
— maigre ou moyenne, ses caractères, son usage, ...	75
— sulfatée, synonymie, caractères, analyse,	68
— sulfatée grossière, caractères, gissement et localités, ...	69
CHOIX de l'acier pour les armes blanches,	345
— du bois pour les fusils, ...	312
— des pierres à plâtre, ...	70
— et réception du fer dans les manufactures d'armes, ...	310
CIMENT de Boulogne, voyez <i>mortier-plâtre</i> ,	86
CLASSIFICATION des fers dans les arsenaux,	216
— des pierres ou roches, ...	7
CLOUET, ses procédés pour la fabrication de l'acier fondu, ...	247
CLOUS, (fabrication des)	229
COMBUSTIBLE pour les arsenaux, (houille)	285
— fossiles, ...	39
COMPARAISON de l'affinage du fer par la houille et par le charbon végétal, . .	202
COMPASSAGE des canons, ...	323
COMPOSITION chimique de l'acier, . .	232
— du cuivre pour les manufactures d'armes,	312
— des mortiers, ...	83
CONSERVATION des armes, ...	341 et 351
— de la houille dans les arsenaux, . .	286

	Pages
CONSERVATION des limes, des râpes, . . .	283
— des outils à pionniers, ...	304
COQUILLES à boulets, ...	134
CORRECTION des fers cassans et brisans, . .	207
CORROYAGE du fer, ...	185
COULAGE de la fonte en gueuse, ...	125
COULEURS de l'acier au recuit, ...	256
— du fer dans les chaudes, ...	288
CRAIE, voyez <i>chaux carbonatée crayeuse</i> , . .	32
CRIQUES, voyez <i>défauts des fers forgés</i> , . .	205
CUISSON des briques dans les fourneaux ambulans et permanens, ...	47 et 56
— des pierres à chaux, ...	63
— des pierres à plâtre, ...	70
CYLINDRES pour la fabrication du fer, voyez <i>affinage à l'anglaise</i> , ...	199

D.

DAMAS d'Europe, ...	351
— de Perse, ...	id.
DÉFAUTS des fers forgés, ...	205
DIVISION minéralogique des minerais de fer, .	95
DOUBLURES, voyez <i>défauts des fers forgés</i> , .	205
DRESSAGE des canons, ...	322
DURÉE des fusils, ...	342

E.

	Pages
EBAUCHAGE des loupes par percussion et par compression, ...	199
ECROUISSEMENT du fer, ...	294
EFFETS du battage des boulets, ...	146
EMERIL , synonymie, caractères, analyse, gisement et localités, usage, pré- paration, ...	20
ENMANCHEMENT des outils à pionniers, ...	303
EMOULAGE des canons de fusil, ...	324
EMPLACEMENT et construction d'une forge d'affinage, ...	175
ENCLUMES des arsenaux, ...	276
— des grosses forges, ...	180
ENDUITS conservateurs du fer, ...	353
EPREUVES des canons de fusil, ...	227
— des essieux, ...	224
— des lames, ...	349
ESSAI des argiles, ...	53
— de la chaux cuite, ...	67
— métallurgique des minerais de fer, ...	106
ESSAI des pierres à chaux, ...	61
ESSIEUX , (fabrication des)	219
ETIRAGE de l'acier en barres et en ma- quettes, ...	347
— du fer aux cylindres, ...	201
— du fer au marteau à main, ...	290
ETOFFES , (fabrication et usage des)	344
EXTINCTION de la chaux, ...	81

F.

	Pages
FABRICATION des tuiles et des briques, ...	44
— des outils à pionniers, ...	298
— des pierres à fusil, leur nomenclature, leur réception, ...	9
— des platines par les moyens ordinaires et accélérés, ...	330
— des projectiles creux, ...	149
— des projectiles pleins, ...	128
FENDERIES, (travail dans les)	215
FER brisant à chaud, fer cassant à froid, fer doux (caractères et synonymie), ...	204
— carbonaté (synonymie, caractères, gis- sement et localités), ...	100
— cru, voyez <i>fontes</i> , ...	125
— en baguettes, ...	215
— défectueux, (correction du)	207
— deutoxidé (synonymie, caractères, gis- sement et localités, usage), ...	97
— hydraté (synonymie, caractères, gisse- ment et localités), ...	102
— natif (caractères, gissement et localités), ...	96
— tritoxidé (synonymie, caractères, gisse- ment et localités), ...	97
— (moyen de distinguer le fer de l'acier), ...	266
FLASQUES d'affûts à mortiers, ...	158
FONDAGE des minerais de fer, (théorie du)	123
FONDANS pour les minerais de fer, ...	120
FONDEUR en fer, (art du)	128

	Pages
FONTES, ...	125
— blanches, propriétés et usage, . . .	126
— grises douces, propriétés et usage, . .	<i>id.</i>
— grises dures, propriétés et usage, . .	<i>id.</i>
FORAGE des canons de fusil, ...	320
FORGERON, (art du)	269
FORGES d'affinerie, ...	175
— des arsenaux, ...	270
FOURNEAUX à briques, voyez <i>cuisson des</i> <i>briques</i> , ...	47 et 56
— à manche pour la fusion de la fonte (travail et théorie), ...	169
— à reverbère pour la fusion de la fonte (travail et théorie), ...	165
— à vent (travail et théorie), ...	174
FOURS à chaux en général, ...	63
— à chaux à travail alternatif, ...	63
— à chaux à travail continu, ...	65
— à plâtre, voyez <i>cuisson du plâtre</i> , . .	70
FRAISIL, voyez <i>mâche-fer</i> , ...	286
FUSIBILITÉ des fontes, ...	130
FUSIL, (fabrication du)	314

G.

GÉOLOGIE, (idées générales sur la) . . .	1
GRÈS, leur définition, leur division, . .	11
— argileux, ...	13
— calcaires, ...	13
— siliceux, ...	12
GRILLAGE des minerais de fer, ...	113

H.

	Pages
HACHE, voyez <i>outils à pionniers</i> , . . .	296
HAUTS-FOURNEAUX, formes intérieures et extérieures, nomenclature, emplacement, construction, adossement et isolement, .	116
HERBUE, ...	120
HOUILLES, (caractères, gissement et locali- tés, qualités, distinction des) . . .	39
HOUILLÈRES en exploitation, (liste des dé- partemens qui possèdent des) . . .	41
— (recherches sur les).	42
HUNTSMANN, son procédé pour fabriquer l'acier fondu, ...	246

I.

INFLUENCE des divers agens sur les mortiers, .	86
— de l'extinction de la chaux sur les mortiers, ...	88
— nulle du manganèse sur la bonté de l'acier, ...	235
INSTRUMENS d'une forge d'affinerie, . .	178

L.

LAIT de chaux, (conservation du fer par le)	354
LAITIERS des hauts-fourneaux, leur usage,	124

	pages
LAMES à canon, ...	316
— damassées, (lieux où l'on fabrique des)	352
— de sabre, (conservation des) . . .	351
— de sabre, (fabrication des) voyez <i>armes</i> <i>blanches</i> , ...	343
LAVAGES des minerais de fer, ...	113
LIMES et RAPES, (fabrication des) . . .	261
LOUPES, leur ébauchage par compression et par percussion, ...	199

M.

MACHE-FER, ...	287
MACHINES à fabriquer les tuiles et les bri- ques, ...	57
MAÇON, (art du)	73
MAQUETTES pour lames de sabre, . . .	347
— pour canons de fusil, ...	315
MARBRES, ...	24
— de France, ...	25
MARQUES de l'acier, ...	347
MARTEAUX et enclumes des grosses forges, .	180
— des forgerons, ...	278
MASTICS, ...	87
— d'Asphalte, ...	90
— pour joints, terrasses et citernes, . .	91
— des chaudronniers, ...	92
— de Lobson, voyez <i>mastic d'Asphalte</i> , .	90
— pour les pompes à feu, ...	92
— des vitriers, ...	93
MÉLANGES fusibles et infusibles, . .	50 et 120

	Pages
MINÉRAIS de fer, (division minéralog. des)	95
MISE à feu des hauts-fourneaux, . . .	121
MISE hors des hauts-fourneaux, . . .	125
MODE analytique des argiles, . . .	51
— analytique des minerais de fer, . . .	109
— analytique des pierres à plâtre, . . .	70
MORTIERS, . . .	82
— ciment, . . .	85
— hydrauliques, . . .	84
— ordinaires, . . .	<i>id.</i>
— plâtre, . . .	86
MOULAGE d'une bombe, . . .	154
— des boulets en coquilles, . . .	137
— d'un obus, . . .	150
— des projectiles creux, . . .	149
— en sable des boulets, . . .	138
— en sable des flasques d'affûts à mortiers, . . .	160
— en terre <i>idem</i> , . . .	159
— des tuiles et des briques, . . .	46
MOYEN pour distinguer le fer de l'acier, . . .	266
MUSHET, son procédé pour fabriquer l'acier fondu, . . .	248

N.

NOYAUX pour projectiles creux, . . .	151
--------------------------------------	-----

O.

ORDONS, . . .	179
---------------	-----

OUTILS à pionniers, ...	296
— des ouvriers en fer dans les arsenaux, . .	275

P.

	Pages
PAILLES, voyez <i>défauts des fers forgés</i> , . .	205
PELLES, voyez <i>outils à pionniers</i> , ...	296
PÉPÉRINO, caractères, gissement et localités, usage, ...	36
PESANTEUR spécifique des fontes, ...	130
PIC-A-ROC et pic-hoyau, voyez <i>outils à pionniers</i> , ...	296
PIÈCE grasse, ...	355
PIERRES ou ROCHES, ...	5
— de taille, voyez <i>chaux carbonatée grossière</i> , ...	29
— argileuses, ...	16
— à bâtir, voyez <i>chaux carbonatée grossière</i> , ...	29
— calcaires, ...	23
— à chaux, leur essai, leur division, . .	60
— à plâtre, voyez <i>chaux sulfatée grossière</i> , ...	69
— ponce, voyez <i>ponce</i> , ...	36
— siliceuses, ...	7
PLATINES des armes de guerre, ...	329
PLÂTRE, son gâchement, sa conservation, son usage, ...	71
PLÂTRE-CIMENT, voyez <i>mortier-plâtre</i> , . .	86
PLÂTRIER, (art du)	68
POLISSAGE et brunissage des armes, . .	349

	Pages
PONCE (caractères, analyse, gissement et localités, usage), ...	36
POUZZOLANE (caractères, analyse, gissement et localités, usage), ...	37
PRÉPARATION de l'émeril, ...	22
PRODUITS volcaniques, ...	33
PROJECTILES creux, (moulage des)	138
— pleins, (moulage des)	134

R.

RAFFINAGE de l'acier, ...	236
RAPILLO, ...	38
RÉCEPTION de l'acier dans les manufactures d'armes, ...	311
— des balles de fer battu, ...	228
— des enclumes dans les arsenaux, ...	277
— des essieux, ...	223
— des fers dans les arsenaux, ...	217
— des fers dans les manufactures d'armes, ...	310
— des flasques, ...	162
— de la houille dans les arsenaux, ...	285
— des limes et des râpes, ...	282
— des outils à pionniers, ...	302
— des projectiles, ...	155 et 228
— et emmagasinement de la tôle, ...	214
RECETTE des armes finies, ...	337
RECHERCHES des houillères, ...	42
RECUIT de l'acier, ...	255
— au bleu dans les manufactures d'armes, ...	336
— du fer, ...	295

	Pages
RÉDUCTION des minerais de fer au haut- fourneau, ...	121
REMPLAÇANS du sable pour les mortiers, ...	83
ROCHES et pierres, ...	5

S.

SABLES, leur distinction, ...	11
— pour la composition des mortiers, (choix du)	82
— gravier, ...	11
— pour le moulage, ...	139
SALLE d'humidité, ...	329
SCHISTES, ...	15
SERVICE des officiers dans les forges, ...	147 et 163
SILEX pyromaque, ses caractères, son gis- ement, son extraction, ...	7
SOUDURE du fer par percussion, ...	291
SOUFFLETS d'affinerie, ...	180
— des forges permanentes, ...	272
— des hauts-fourneaux, ...	122

T.

TARAUDAGE de la culasse et des canons de fusil, ...	326
TERRAINS intermédiaires, ...	4
— primitifs, ...	id.
— secondaires, ...	id.

	Pages
TERRAINS tertiaires, ...	5
— volcaniques, ...	<i>id.</i>
TERRES à briques, ...	44
— à noyaux, (préparation de la)	150
THÉORIE de l'affinage, ...	178
— de la cuisson de la chaux, ...	67
— de la cuisson des pierres à plâtre, . . .	71
— et durcissement des mortiers, ...	87
— de la fabrication de l'acier fondu, . . .	250
— du fondage des minerais de fer, . . .	123
— du recuit de l'acier, ...	258
— de la trempe de l'acier, ...	257
TOLE , (fabrication de la)	210
TOURNAGE des canons de fusil, ...	325
TRACHYTE , ses caractères, gissement et localités, usage, ...	33
TRAITEMENT métallurgique des minerais de fer, ...	112
TRAVAIL du fer dans les arsenaux, voyez <i>art du forgeron</i> , ...	269
— du fer dans les chaufferies, ...	184
— dans les fenderies, ...	215
— du fer dans les fineries, ...	197
TRAVAUX dans les manufactures d'armes, ...	307
TRAVERS , voyez <i>défauts des fers forgés</i> , ...	205
TREMPE de l'acier, ...	253
— des limes, ...	263
— en paquet, ...	258
— en paquet dans les manufact. d'armes, ...	335
— à la volée dans les manufact. d'armes, ...	336

	Pages
TRIPOLI, caractères, gissement et localités,	
usage, ...	38
TUILIER-BRIQUETIER, (art du)	44
TUYÈRE, sa position dans les forges des af-	
fineries, ...	177

V.

VERNIS gras pour les métaux, ...	355
— à l'alcool pour les métaux, ...	<i>id.</i>
— particulier pour les outils à pionniers, ...	304

W.

WILKINSON, v oyez <i>fourneau à manche</i> , ...	169
--	-----

FIN DE LA TABLE DE LA 1^{re}. ET DE LA 2^e. PARTIE.



